KFAS
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

عصر الفضاء:
1950 - 1979



المسار الزمني لتقدم العلوم والتكنولوجيا



تأليف: جون كلارك وآخرون

ترجمة: د. مصطفى معرفي

المجلد التاسع



KFAS
مـؤسسة الـكويت للـتقدم الـعلمي
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

المسار الزمني لتقدم العلوم والتكنولوجيا

المجلد التاسع

عصر الفضاء

1950 - 1979

تأليف: جون كلارك
مع
مايكل ألابي و إيمي جان بيير

ترجمة: د. مصطفى معرفي

المُراجع العلمي: د. أمل العازمي

الطبعة الأولى: الكويت - 2016

فهرسة
مكتبة الكويت الوطنية أثناء النشر

509 كلارك، جون.

الجداول الزمنية لتاريخ العلوم: timeline of science and technology/
جون كلارك، مايكل آلابي، إيمي جان بيير؛ ترجمة مصطفى معرفي. - ط 1 . - الكويت:
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي، 2015

10 مج. ؛ 24 سم.

1- العلوم - تاريخ

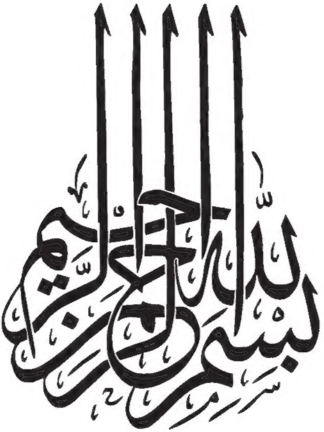
أ. العنوان | ب. آلابي، مايكل (مؤلف مشارك)

ج. بيير ، إيمي جان (مترجم) | د. معرفي، مصطفى (مترجم)

هـ. مؤسسة الكويت للتقدم العلمي (ناشر)

ردمك: 978-99966-33-68-3

رقم الإيداع: 459 / 2015


بسم الله الرحمن الرحيم



صاحب السمو الشيخ صباح الأحمد الجابر الصباح

أمير دولة الكويت



سمو الشيخ نواف الأحمد الجابر الصباح

ولي العهد

Published by Grolier
an imprint of Scholastic Library Publishing,
Old Sherman Turnpike
Danbury, Connecticut 06816

Set ISBN 978-0-7172-6101-7
Volume 9 ISBN 978-0-7172-6110-9

Library of Congress Cataloging-in-Publication Data

Timelines of science and technology
p. cm.
Includes bibliographical references and index
Contents: v. 1. Origins of science — v. 2. Classical and early medieval science — v. 3. Late medieval and Renaissance science — v. 4. The Scientific Revolution — v. 5. The Industrial Revolution — v. 6. The Age of Steam — v. 7. The Age of Electricity — v. 8. The Atomic Age — v. 9. The Space Age — v. 10. The modern world.
ISBN 978-0-7172-6101-7 (set : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6102-4 (v. 1 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6103-1 (v. 2 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6104-8 (v. 3 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6105-5 (v. 4 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6106-2 (v. 5 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6107-9 (v. 6 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6108-6 (v. 7 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6109-3 (v. 8 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6110-9 (v. 9 : alk paper) — ISBN 978-0-7172-6111-6 (v. 10 : alk paper)
1. Science-History. 2. Discoveries in science.
3. Technology-History. I. Grolier (Firm)

Q125.T587 2006
509—dc22 2005050387

For information address the publisher:
Grolier, Sherman Turnpike,
Danbury, Connecticut 06816

Printed and bound in Singapore.

FOR THE BROWN REFERENCE GROUP

Consultant: Erin Dolan, Virginia Polytechnic and State University, U.S.A.

Project Editor: Graham Bateman
Editor: Virginia Carter
Designer: Steve McCurdy
Research: Geoff Roberts
Production: Alastair Gourlay, Maggie Copeland
Editorial Director: Lindsey Lowe

PICTURE CREDITS
(t = top, b = bottom, c = center, l = left, r = right)

Cover: *Space Shuttle*, NASA Headquarters – Greatest Images of NASA; *19th-Century Steam Train*, Science Photo Library; *Galileo*, AKG-London

7t Thomas Hollyman/Science Photo Library; **7bl** Robert Hunt Library; **7br** Bettmann/Corbis; **8b** Museum of Flight/Corbis; **9c** Bettmann/Corbis; **10t** Science Source/Science Photo Library; **10c** A. Barrington Brown/Science Photo Library; **13c** Robert Hunt Library; **13bc** Bettmann/Corbis; **13br** Bettmann/Corbis; **14c** Science Museum; **15c** TopFoto; **15b** Corbis Sygma; **16t** Roger Ressmeyer/Corbis; **16b** Lawrence Berkeley Laboratory/ Science Photo Library; **17** Geoff Tompkinson/Science Photo Library; **18t** Lynette Cook/Science Photo Library; **19t** TopFoto; **20c** Kevin Fleming/Corbis: **21t** Robert Hunt Library: **21b** Bettmann/ Corbis; **22t** TopFoto: **23** TopFoto; **24b** Bettmann/ Corbis; **26t** A.Sokolov & A. Leonov/ASAP/Science Photo Library; **26c** Robert Hunt Library: **26b** Robert Hunt Library: **27** Otto Lang/Corbis; **28t** Bettmann/Corbis; **29** TopFoto; **31t** Mark Garlick/Science Photo Library; **31b** John Reader/ Science Photo Library; **32t** Robert Hunt Library: **32b** US Naval Observatory/Science Photo Library; **34t** NASA Headquarters – Greatest Images of NASA; **35t** Bettmann/Corbis; **36t** Charles O'Rear/Corbis; **37** Pasieka/Science Photo Library; **38t** NASA Jet Propulsion Laboratory; **38c** Hulton-Deutsch Collection/ Corbis; **39c** Bettmann/Corbis; **39b** Russell Knightley/Science Photo Library; **40t** Robert Hunt Library: **40-41** Robert Hunt Library: **42t** NASA Headquarters – Greatest Images of NASA; **42b** Science Museum; **43t** NASA Ames Research Center; **43c** Bettmann/Corbis; **44t** NASA Jet Propulsion Laboratory; **44b** NASA Johnson Space Center; **45** Robert Hunt Library

كيفية استخدام المجموعة
HOW TO USE THIS SET

يُغطي كلُ مجلدٍ من مجلدات هـذه المجموعة فترة مفصلية من تاريخنا، نحن البشر وقد وضعنا هذه الفترات على الصفحتين 6-7 من المجلد الأول بالإضافة إلى المحتوى التفصيلي. يحتوي كلُ مجلد على ثلاثة أنـواع من المقالات. مقالات المسار الزمني التي تُعنى بجدولة الاكتشافات والابتكارات بحسب سنوات الفترة المعنية. وقد رتبت تفاصيل هذه المقالات على هيئة نطاقات مستعرضة ينتمي كل نطاقٍ منها إلى حقلٍ من حقول المعرفة، بحيث تتمكن من رؤية العلاقة بين مجالات المعرفة العلمية بنظرة سريعة. كما تظهر الخلفية التي كتبت معلومات كل نطاق عليها – مثل الفيزياء أو الكيمياء – بلون مميز. وبين مقالات المسار الزمني تتوزع المقالات الخاصة مفصلة لنقاط محددة جاء ذكرها في المسار الزمني. تُوفر هـذه المقالات وبُعمقٍ تركيزاً على خلفية الاكتشافات ومعلوماتٍ حول من لهم علاقة بالموضوع وتشرح طرق استخدام واستفادة البشر من هذه الاكتشافات أو الابتكارات. وعلى سبيل المثال، نجد في المجلد الثامن (الصفحات 28 – 29) مقالاً بعنوان «تطور الهليكوبتر (الحوّامة)»، وينبع من فقرة حول الحوامة من مقالة المسار الزمني للعام 1936 من صفحة 26. وتتضمن المقالات فقراتٍ موضوعة داخل إطار بهدف الاستزادة من المعرفة وتوفر معلوماتٍ إضافية وتشرح في الغالب بعض المبادئ العلمية ذات الصلة بالموضوع. وأخيراً يُقدم محور الأعلام في نهاية كل مجلد سيرة مفصلة للأعلام أو المجموعات البشرية التي ورد ذكرٌ لها في المسار الزمني أو المقالات الخاصة، وبذلك تظهر الصورة الكلية لإنجازاتهم. باستخدام الأنواع الثلاثة للمقالات يمكن بناء صورة كلية للظروف التي أدت إلى لحظة الاختراق في مسار تقدم معين.

تلعب الصور والأشكال، مع شرحها، دوراً رئيساً في هذه المجموعة. وتشمل صور مطبوعات قديمة وصوراً ضوئية حديثة وإعادة بناءٍ فني ومخططاتٍ توضيحية.

هنـاك عـددٌ من المُعينات التي تساعدك في الإبحـار خـلال هذه المجموعة. أسماء الأعـلام الـواردة سيرهم في جزء الأعـلام طبعت كلها بالبُنط الأسود الغامق، مثل **ألفريد نوبل**. عاش بعض الأفراد وعمل خلال فترات يغطيها أكثر من مجلد واحد، ولذلك يأتي ذكر بعض الأعلام في مراحل تاريخية مختلفة، ولهذا السبب فإن ظهور اسم علم ما بالبُنط الأسود الغامق في مجلد ما لا يعني بالضرورة عرض سيرته بين الأعلام في المجلد نفسه، ولتحديد سيرة شخص معين يُنصح بالرجوع إلى المسرد الذي يبدأ من الصفحة 53 من كلِ مجلد. علاوة على ذلك طُبعت أسماء بعض الأعلام بالبُنط الأسود الغامق المائل، ***مايكل فرادي*** على سبيل المثال. تُشير هذه الطريقة في كتابة اسم العلم على أنه موضوع مقالة خاصة (في مثالنا المقالة بعنوان طبيعة الضوء على الصفحتين 28-29 من المجلد الرابع). ونُعيد، بـأن الطريقة الصحيحة للبحث عن مكان الموضوع هي الاستعانة بالمسرد.

تجد في أعلى غالبية المقالات مراجع ذات صلة بموضوع المقالة.

يحتوي كلُ مجلد على مُعجم لبعض المصطلحات الواردة، ويُساعد المُعجم في فهمٍ معنى بعضٍ المصطلحات غير المألوفة للقارئ. كما يحتوي كل مجلد في نهايته على مراجع ومواقع على الشبكة العنكبوتية (الويب) يمكن للقارئ الاستعانة بها للاستزادة في المعرفة، وآخيراً، نشير إلى أن مسرد المجموعة يضم أسماء الأشخاص والموضوعات المهمة التي تغطيها المجموعة.



تُعيد الصور الضوئية الحديثة الحياة إلى النصوص

إطار التواريخ المفصلية يُبرز الإنجازات الرئيسة

الشروحات التخطيطية تُوضح المبادئ العلمية أو التكنولوجية

مقالات المسار الزمني تُجدول الابتكارات أو الاكتشافات سنة بسنة

استخدام البُنط العريض المائل يشير إلى أن العَلَم موضوع مقالٍ تفصيلي خاص

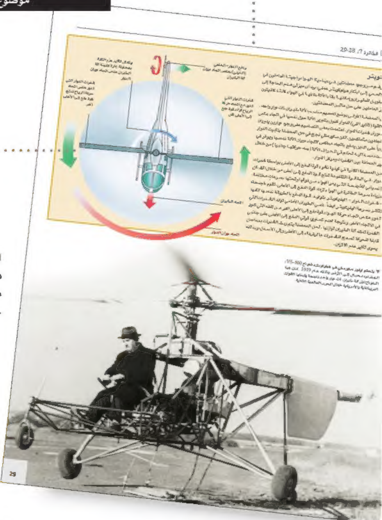
عصر الفضاء
(1979 – 1950)

بعد عام 1950 وضع اثنان من التطورات التقانية الرئيسة خلال الحرب العالمية الثانية، وضعا قيد الاستخدام السلمي. يعمل الرادار بالموجات الراديوية عالية التردد، وخلال الأربعينيات من القرن العشرين رصد مهندسو الرادار موجات راديوية قادمة من الفضاء. بعد فترة الحرب العالمية الثانية حُوِّر الرادار الحربي إلى مقراب راديوي. وخلال فترة قصيرة رصد العلماء مصادر راديوية غير مرئية للعين تقعُ في أغوار الكون السحيق، من بينها الكويزار (شبه النجم) والبلسار (النجم النابض أو القيفاوي).

استغلت مخلفات ألمانيا من الصواريخ الحربية لاستكشاف الغلاف الجوي العلوي والفضاء الخارجي. أطلق العلماء الصواريخ في البداية كمجسات تدور في أفلاكها حول القمر، ومن ثَم حطت على سطحه. ومع تشييد صواريخ أكبر حجماً وأعلى قدرة أرسلت إلى عطارد والزهرة والمريخ والكواكب الأخرى. تُوجت الجهود الرئيسة لبرنامج أبولو بعددٍ من الرحلات حط في كل منها رائدا فضاء على سطح القمر وذلك خلال الفترة من عام 1969 وحتى عام 1972.

وعلى جانب العلوم الحيوية تركز على البحث على المستوى المجهري، وذلك بموازاة تطور البيولوجيا الجزيئية. يهتم هذا العلم بدراسة تركيب ووظائف الجزيئات الكبيرة الموجودة في الكائنات الحية، مثل سلاسل البروتينات والأحماض النووية DNA (الحمض النووي الديوكسي الريبوزي)، والحمض الريبوزي RNA. جاء الاختراق في هذا المجال عام 1953 باكتشاف تركيب جزيء الـ DNA –الشكل الحلزوني المزدوج الشهير– على يد كل من فرانسس كرك و موريس ولكنز و جيمس واتسون. الـ DNA مركب رئيس في الكروموسومات الموجودة في نوى الخلايا، المادة الوراثية التي تحدد الخصائص الوراثية للكائن الحي.

المقالات الخاصة توفر تفصيلات حول موضوع معين



الفقرات الموضوعة داخل إطار تغطي موضوعاتٍ ذات أهمية خاصة

مراجع ذات صلة في متن المجلد نفسه أو مجلدات أخرى

الصفحات الخاصة بالأعلام تُوفر سيرة مفصلة لها



اسم العَلَم المكتوب بالبُنط العريض يوجِّه القارئ إلى مقالات الأعلام



توفير التعليقات الواضحة المصاحبة للرسومات أو الصور الضوئية

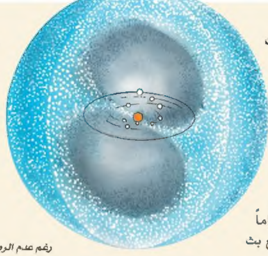
النطاقات الملونة تفصل بين حقول العلم والتكنولوجيا المختلفة

1950 - 1954 ميلادي

علم الفلك ASTRONOMY

1950 يطرح الفلكي الهولندي **يان أوورت** (1900–92) فرضية وجود سحابة أوورت، وهي منطقة كروية مركزها الشمس توجد فيها جميع المذنبات طويلة الزمن الدوري وتمتد في الفضاء إلى ثلث المسافة بين الشمس وأقرب نجم آخر اليها.

1951 يرصد الفلكي الأمريكي من أصل ألماني **وولتر باد** (1893 - 1960) أجراماً سماوية مرئية تتفق مواصفتها ومواضع بث الموجات الراديوية في الفضاء.



رغم عدم الرصد المباشر لسحابة أوورت، يسود الاعتقاد بأنها مصدر جميع المذنبات طويلة الزمن الدوري في النظام الشمسي بأكمله.

1951 يقدم الفلكي الأمريكي **وليام مورغان** (1906–94) أدلة على أن مجرتنا (درب التبانة) مجرة حلزونية عادية.

1951 يكتشف الفلكي الأمريكي سث نكلسون (1891– 1963) القمر الخارجي لكوكب المشتري، أنانك.

الكيمياء CHEMISTRY

1950 يبدأ عالما الفيزياء الحيوية الأمريكيان روزالين يالو (1921–2011) وسولومون بيرسون (1919–72) بحثهما في تقانة المقايسة الإشعاعية للمناعة (RIA) التي يتم من خلالها كشف مواد متناهية الكمية (التركيز) في الجسم بتعليمها بالنظائر المشعة. تجد التقانة فيما بعد تطبيقات في الطب التشخيصي بفحص مولدات مضادات جينية معينة (أنتيجن).

1950 يطور عالما الكيمياء الحيوية الأمريكيان ستانفورد مور (1913–82) ووليام ستاين (1911–80) تقانة الكروموتوغرافيا العمودية لتحليل البروتينات.

1951 يكتشف الكيميائي الأمريكي لاينوس باولنغ (1901–94) التركيب الحلزوني لبعض البروتينات، وللاكتشاف أهمية كبيرة في فهم جزيء الـ DNA (الحمض الديوكسي الريبوزي النووي).

1951 يدرس الكيميائي الألماني إرنست فيشر (1918–2007) مركب الفيروسين ويبرهن في وقت لاحق أنه يتكون من «شطيرة» تحتوي ذرة حديد واحدة تحيط بها خمس ذرات كربون تتصل بها على شكل حلقة خماسية الأضلاع.

1952 يتوصل عالم الكيمياء الفيزيائية الأمريكي **غلن سيبورغ** (1912–99) ومساعدوه إلى عزل العنصرين المشعين آينشتينوم و فيرميوم.

الفيزياء PHYSICS

1950 يطرح الفيزيائي الأمريكي جيمس رينووتر (1917–86) نموذجا جديدا لنواة الذرة باعتبار شكلها غير تام الكروية، بل على شكل كرة مشوهة.

1950 يبتكر الفيزيائي الفرنسي من أصل ألماني ألفرد كاستلر (1902 - 84) أسلوب الضخ البصري الذي يتم فيه إثارة الذرات إلى مستوى محدد لتطلق بعد ذلك إشعاعات كهرومغناطيسية – تعتبر العملية اكتشافا مفصلياً في ابتكار الليزر.

1951 يصمم الفيزيائي الأمريكي من أصل كندي وولتر زن (1906–2000) أول مفاعل نووي مولد للوقود وذلك في آيداهو فولز بولاية إنديانا.

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1950 يتوصل الطبيبان الإنجليزيان ريتشارد دول (1912–2005) وبرادفورد هل (1897–1991) إلى العلاقة بين التدخين ومرض سرطان الرئة. كما يبرهن الجراح الأمريكي إيفارتز غراهام (1883–1957) بعد ثلاث سنوات أن القطران مادة مسرطنة (مادة تسبب السرطان).

1950 يستحدث الطبيب الأمريكي روبرت ولكنس (1906–2003) استخدام الريزربين لعلاج مرض ضغط الدم.

1950 يطور عالما الكيمياء الحيوية الأمريكيان **جورج هتشنغز** (1905–1998) وجيرترود **إيلون** (1918–99) ترياق بايريميثامين (دارابريم) المضاد لبكتيريا الملاريا. كما يصنعان ترياق 6 – ميركابتوبيورين (6MP) بعد سنة لعلاج اللوكيميا (سرطان الدم) .

1951 تعلن عالمة الجينات الأمريكية **باربارا ماكلنتوك** (1902–92) عن اكتشافها «الجين النطاط» (الترانسبوسون)، الذي يمكنه الانتقال على امتداد الكروموسوم الواحد أو حتى من كروموسوم إلى آخر.

1951 يصنف عالم الكيمياء الحيوية الدنماركي كي لندرستروم-لانغ (1896–1959) البروتينات إلى ثلاثة مستويات بناءً على تركيبها: السلاسل، الحلزونيات والألواح المطوية.

1952 يكتشف عالم الجينات الأمريكي جوشوا ليدربيرغ (1925–2008) البلازميدات وهي أجزاء دائرية في الـ DNA للبكتيريا تحمل المعلومات الوراثية.

1952 تستحدث طبيبة الأطفال الأمريكية فرجينيا أبغار (1909–74) مقياس أبغار كطريقة لتقييم الحالة الصحية للأطفال حديثي الولادة .

1952 يكتشف عالما الفيسيولوجيا الإنجليزيان آلان هودجكن (1914–98) وأندرو هكسلي (1917–2012) الألية الأيونية للنشاط العصبي للخلايا وتعتمد على تبادل أيونات البوتاسيوم والصوديوم.

1952 يطور الطبيب الأمريكي جوناس سولك (1914–95) لقاحاً ضد مرض شلل الأطفال.

1953 يتوصل ثلاثة مختصين في علم الفيزياء الحيوية إلى تحديد تركيب جزيء الـ DNA. والعلماء الثلاثة هم: الإنجليزي فرانسس كرك (1916–2004) والبريطاني النيوزلندي الأصل موريس ولكنز (1916–2004) والأمريكي **جيمس واتسون** (1928–). يستند الاكتشاف جزئياً على أعمال عالمة الكيمياء الفيزيائية الإنجليزية روزالند فرانكلن (1920–58) التي تمكنت من تصوير الشكل الحلزوني المزدوج للجزيء مستعينة بتقنية التصوير البلوري بالأشعة السينية.

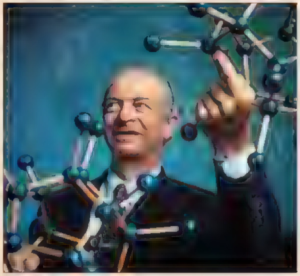
انظر أيضاً الحمض الديوكسي الريبو نووي (DNA) – الحلزون المزدوج **9:** 10-11؛ المقاريب الراديوية **9:** 22-23؛ الليزر **9:** 28-29

علم الفلك ASTRONOMY

1951 يقترح الفلكي الأمريكي الهولندي الأصل جيرارد كيوبر (1905–73) وجود حزام كيوبر، وهو منطقة وراء كوكب نبتون تدور فيها الكويكبات ويحتمل أن تكون أيضا مصدر المذنبات قصيرة الزمن الدوري.

1952 يحدد الفلكي الأسترالي كولن غَم (1924 – 60) موقع سديم غَم وهو أكبر السدم وأقربها إلينا ويتكون من أطلال مستعر أعظمي انفجر قبل 11,000 سنة.

الكيمياء CHEMISTRY



لاينوس باولنغ (1901 - 94) كيميائي أمريكي ركز جل أبحاثه على الروابط الذرية في الجزيئات. ولد في مدينة بورتلاند بولاية أوريغون لأب صيدلاني ودرس الهندسة الكيميائية بالكلية الزراعية لولاية أوريغون وحصل على درجة الدكتوراه من معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا (كالتك). بعد فترة دراسة في أوروبا عين أستاذاً مشاركاً للكيمياء في كالتك عام 1927 وترقى بعد أربع سنوات إلى درجة الأستاذية واستقر هناك حتى عام 1963.

اهتم باولنغ منذ عام 1928 بالتركيب البلوري وطور فكرة نصف القطر الأيوني لوصف حيز الفضاء الذي يشغله الأيون في البلورات، بحث في التركيب الجزيئي بشكل عام واستحدث نظرية رابطة التكافؤ. نشر عام 1931 أهم بحث له بعنوان «طبيعة الرابطة الكيميائية»، طرح في البحث فكرة المدارات الهجينة لتفسير أشكال الجزيئات. مفاد الفكرة أن المدارات الذرية (الفضاء الذي توجد فيه الإلكترونات) للذرات «تتداخل» مع بعضها عند اتحادها لتشكل مدارات جديدة تمثل الروابط الكيميائية بين هذه الذرات. كما بحث باولنغ في الهيموغلوبين وبروتينات أخرى في مجال الكيمياء العضوية. برهن عام 1951 على أن بعض البروتينات تأخذ شكلاً لولبيا. عين مستشارا لوحدة المتفجرات في اللجنة الوطنية لأبحاث الدفاع خلال الحرب العالمية الثانية، لكنه نشط بعد الحرب في مناهضة الأسلحة النووية. باولنغ هو أول من حصل بمفرده على جائزتي نوبل –الأولى في الكيمياء عام 1954 والثانية للسلام عام 1962.

1953 يطور الكيميائي الألماني كارل زيغلر (1898 1973) طريقة زيغلر لتصنيع لدائن البولي إثين.

1953 ينتج الكيميائي الأمريكي ستانلي ملر (1930-2007) بعض الأحماض الأمينية البسيطة وكذلك بعض «الكيميائيات الحيوية» الأخرى بتعريض مزيج من الغازات المماثلة للغازات التي وجدت في الغلاف الجوي عندما كانت الأرض حديثة الولادة إلى الأشعة فوق البنفسجية والشرارات الكهربائية (بهدف محاكاة ظاهرة البرق).

الفيزياء PHYSICS

1952 يقوم علماء الحكومة الأمريكية بأول تفجير للقنبلة الهيدروجينية. كما ينجح العلماء السوفييت بعد سنة باختبار قنبلتهم الهيدروجينية.

1952 وقوع حادث في المفاعل النووي بمدينة تشوك ريفر بكندا تؤدي إلى انصهار قلب اليورانيوم جزئيا.

1952 ينجح الفيزيائيان الروسيان ألكساندر بروخوروف (1916–2002) ونيكولاي باسوف (1922–2001) في صياغة مبادئ عمل الميزر والليزر. كما يتوصل الفيزيائي تشالز إتش. تاونز (1915 – 2015) إلى فهم مبادئ الميزر.



صورة أول تفجير للقنبلة الهيدروجينية عام 1952 وتبين الصورة الشكل المميز لهذه التفجيرات على هيئة فطر.

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1953 يجري الجراح الأمريكي جون جبون الابن (1903–73) أول عملية قلب مفتوح على الإنسان مستخدماً آلة التنفس الصناعي من ابتكاره لتزويد المريض بالأكسجين.

1953 يعدل عالم الكيمياء الحيوية البريطاني من أصل نمساوي ماكس بيروتز (1914–2002) هيموغلوبين الدم بإضافة ذرات الزئبق إليه لتمكنه من دراسة تركيبه باستخدام حيود الأشعة السينية.

1953 يركب عالم الكيمياء الحيوية الأمريكي فنيسنت دو فغنيود (1901–78) هرمون الغدة النخامية الأوكيتوسين. يسبب الهرمون تقلصات الرحم خلال مرحلة الولادة، وينجح في تصنيع أول هرمون بشري اصطناعي.

1954 قيام حملة تجريبية للوقاية من مرض شلل الأطفال في الولايات المتحدة بالحقن بلقاح جوناس سولك. يتم حقن الجمهور بالإبر ويكتشف فعالية اللقاح في إنقاص حالات المرض.



يحقن جوناس سولك طفلاً بلقاحه الجديد ضد شلل الأطفال.

اكتشاف الفضاء SPACE EXPLORATION

1950s يستمر المهندسون الأمريكيون من جانب والسوفييت على الجانب الآخر العمل على تشييد صواريخ متعددة المراحل يمكنها بلوغ سرعة الإفلات لوضع أقمار (توابع) صنعية في مدارات حول الأرض. تتنبى التجارب الأولى الصواريخ العسكرية المتوفرة وبخاصة مخزون صواريخ V-2 الألمانية المتبقية بنهاية الحرب العالمية الثانية (استولت القوات الأمريكية على 64 صاروخا من هذا النوع).

1950 يطور علماء الولايات المتحدة مجموعة صواريخ بمبر ذات المرحلتين. يتكون بمبر 8، من صاروخ WAC (دون أي تحكم) كوبورال الأمريكي مثبت على رأس صاروخ V-2 الألماني. كما أنه أول صاروخ أطلق من مركز اطلاق الصواريخ كيب كانفرال بولاية فلوريدا (اجريت التجارب السابقة خارج منطقة وايت ساندز بروفنغ غراوند بولاية نيومكسيكو).

1951 تجري القوات الأمريكية أول اختبار للصواريخ ذات الوقود الصلب «أونست جون» وهو صاروخ أرض – أرض. يبلغ طول الصاروخ 25 قدماً (7.6 م) ويصل مداه إلى 23 ميلا (37 كم) ويمكنه حمل رأس حربي من المواد شديدة الانفجار. كما يسجل الصاروخ فايكنغ 7-التابع للبحرية الأمريكية رقماً قياسياً لارتفاع الذروة لصاروخ ذي مرحلة واحدة، إذ بلغ ارتفاع 136 ميلا (220 كم) – بلغت سرعة الصاروخ 4,100 ميل في الساعة (6,600 كم / ساعة).

المواصلات والهندسة TRANSPORTATION AND ENGINEERING

1950s تنشأ القوات الجوية الأمريكية نظاماً لجمع معلومات الرادار والبيانات الأخرى ومعالجتها فوريا باستخدام حاسوب ورلوند في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا. يُطلق على النظام مسمى نظام بيئة الأرض شبه المؤتمت (SAGE).

1950 وقوع معركة للطائرات النفاثة المقاتلة بين الطائرة الأمريكية F-86s والسوفييتية MIG-15s خلال الحرب الكورية.



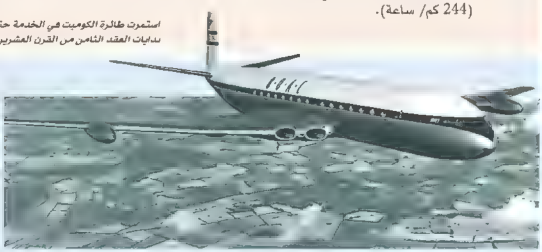
يعتلي الهوفركرافت (الطوافة)، أو مركبة الوسادة الهوائية، طبقة من الهواء تدفعها مراوح كبيرة نحو فتحات حول الحواف الخارجية للمركبة. ويمكن للهوفركرافت السير بهذه الطريقة فوق المياه أو اليابسة. يحبس الهواء داخل غطاء مطاطي في الوقت الذي تقوم فيه المراوح بالعمل كأداة تحكم لتوجيه المركبة في الاتجاه المطلوب. يتم التحكم في اتجاه الحركة من خلال دفة شبيهة بالدفة المستخدمة في الطائرات. تدار المركبات الصغيرة بمحرك غازوليني؛ بينما تستخدم مركبات النقل التجارية الكبيرة محركات غازية توربينية توفر قدرة أكبر. وتتسع الطوافات العسكرية الكبيرة لحمل 70 طنا (64 طن متري) وتبلغ سرعة 65 ميلاً في الساعة (72كم / ساعة).

1950 تنتج الشركة البريطانية روفر سيارة بمحرك توربيني غازي، جت 1، وتشترك في سباق السيارات. تبلغ سرعة السيارة 152 ميلاً في الساعة (244 كم/ ساعة).

1952 تدشين أول طيران للطائرات النفاثة في الرحلات النظامية بواسطة الطائرة كوميت دي هافيلاند (من لندن إلى جوهانسبرغ).

1952 يبتكر المهندس السويدي أكسل وينر – غرن (1881–1961) نظام ألويغ للقطارات أحادية السكة. تتبنى شركة ديزني النظام في منتزه ديزني لاند عام 1959.

استمرت طائرة الكوميت في الخدمة حتى بدايات العقد الثامن من القرن العشرين.



التكنولوجيا والاختراعات TECHNOLOGY AND INVENTION

1950 تشغيل أول مولد كهربائي نووي في بريطانيا في مدينة ونزديل (أعيد تسمية المدينة لاحقا إلى شفيلد) شمالي غرب إنجلترا.

1950 يستحدث عالم الرياضيات والمنطق الإنجليزي **الان تيرنغ** (1912–54) فحص تيرنغ لتحديد إن كان للحاسوب ذكاء حقيقي أم لا (إذا كان الحاسوب قادراً على التفكير أم لا).

1950 يشيد الفيزيائي الأمريكي من أصل إنجليزي **وليام شوكلي** (1910–89) أول ترانزستورات الوصلة.

1950 يطور الجراح الأمريكي جون جبون الابن (1903–73) جهاز الرئة الاصطناعية التي استخدمت بعد ثلاث سنوات في إجراء أولى عمليات القلب المفتوح.

1950 يبتكر مهندس الحاسوب الياباني يوشيرو ناكاماتسو القرص اللدن للحواسيب.

1950 يزرع طبيب العيون الإنجليزي هارولد ردلي (1906–2001) عدسة اصطناعية في عين مريض يعاني من العمى بسبب مرض السُد (الكاتاراكت أو اعتام عدسة العين).

1951 يقوم باحثان أمريكيان بشركة إيستمان كوداك بإعادة اكتشاف الساينواكريليت (اكتشف أول مرة عام 1942 في عملية البحث عن مادة بلاستيكية شفافة لعينية (المهدف) البنادق خلال الحرب العالمية الثانية)، والباحثان هما فرد جوينر وهاري كووفر (1919–). سُوِّقت المادة عام 1958 تحت العلامة التجارية «سوبر غلو». (المترجم: تاريخ ولادة كووفر 1917 وليس 1919 كما هو مذكور في النص الأصلي، وتوفي في مارس 2011)

1951 يبني رائدا هندسة الحاسوب الأمريكيان **جون موتشلي** (1907 – 80) **وجون إيكرت** (1919–95) حاسوب يونيفاك 1 (UNIVAC 1) وهو أول حاسوب يسوق تجارياً في الولايات المتحدة.

انظر أيضاً الصواريخ **8:** 16-17؛ الحواسيب الأولى **8:** 44-45؛ برنامج أبولو الفضائي **9:** 42-43؛ المكوك الفضائي **10:** 16-17

اكتشاف الفضاء SPACE EXPLORATION

1951 يطور العلماء السوفييت مجموعة صاروخ R-5 الموجهة في منشأة الصواريخ الجديدة بمدينة دنيبروبيتروفسك. أول صاروخ برأس نووي هو الصاروخ R-5M.

1953 يطور مهندسو القوات الأمريكية صاروخ أرض – جو (سام) بطول 35 قدما (10.7 م) ومدى يبلغ 25 ميلاً (40 كم) – يعاد تسمية الصاروخ لاحقاً إلى نايك أيجاكس. كما تشهد السنة نفسها إطلاق القوات الأمريكية صاروخ ردستون بواسطة أفراد مخازن سلاح ردستون .

1954 يبدأ المهندسون السوفييت تطوير ICBMs (الصواريخ متعددة المراحل العابرة للقارات)، متوجين جهودهم بعد ثلاث سنوات بإنتاج الصاروخ R-7 بطول 100 قدم (30.5 م). يُعرف الصاروخ لقوات حلف الشمال الأطلسي (ناتو) بمسمى SS-6 والاسم الرمزي «سابوود» ويبلغ مداه 5,000 ميل (8,000 كم). يدخل الصاروخ مجال استكشافات الفضاء ويستخدم لإطلاق المكوك *سبوتنك 1* عام 1957 ويقوده يوري غاغارين في الفضاء عام 1961. يوفر هذا الصاروخ للسوفييت ريادتهم في سباق الفضاء.

1954 بهدف منافسة السوفييت عسكرياً في تطويرهم نظم الصواريخ عابرة القارات، يخطط صناع الصواريخ الأمريكيون لتشييد عدد من صواريخ إطلاق التوابع الصنعية. يثمر البرنامج في نهاية المطاف بإنتاج صاروخ سكاوت عام 1960 – بطول 73 قدما (22 م) ومدى يصل إلى 1,000 ميل (1,610 كم) – يسبقه صاروخ جيوبتر (المشتري) ذو المراحل الأربعة وفانغارد ذو المرحلتين عام 1958. كما يتم تصميم صاروخ إطلاق التوابع الصنعية أطلس عام 1961 ضمن منظومة الصواريخ عابرة القارات – بطول 73 قدما (22 م) ومدى 11,000 ميل (17,7000 كم).

المواصلات والهندسة TRANSPORTATION AND ENGINEERING

1952 تسجل الباخرة *الولايات المتحدة* رقما قياسا لزمن عبور المحيط الأطلسي وذلك في باكورة رحلاتها من نيويورك ، تستغرق الرحلة ثلاثة أيام وعشر ساعات ودقيقة واحدة.

1953 يبدأ المهندس الإنجليزي **كريستوفر كوكريل** (1910–99) العمل على تشييد طوافة (قارب يطفو على وسادة هوائية) ويسجل ابتكاره بعد سنتين.

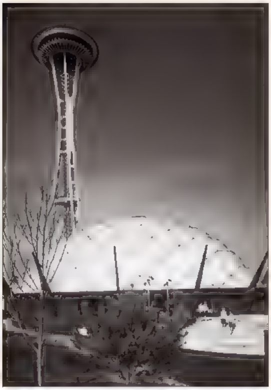
1953 تحتل الطائرة الأمريكية F-100A السوبرسابر مكان الصدارة باعتبارها أولى الطائرات فوق الصوتية المقاتلة في سلاح الجو الأمريكي.

1953 تنتج الشركتان الإيطالية بريلي والفرنسية متشلن الإطارات الشعاعية للسيارات.

1954 يستحدث عامل الشاحنات الأمريكي مالكولم ماكلين (1914-2001) نظام الأحجام العيارية لصناديق التخزين للاستعمال لنقل البضائع على الشاحنات أو القطارات أو السفن.

1954 يسجل المهندس الأمريكي **ريتشارد بكمنستر فولر** (1895 – 1983) براءة اختراع القبة الجيوديسية لأسقف المباني الكبيرة. وهي أول قبة ضخمة يمكن تركيبها كهيكل كامل في موقع البناء مباشرة.

1954 ترسية مناقصة بناء الغواصة النووية الأمريكية *نوتيلوس*.



قبة فولر في معرض سياتل الدولي الذي أقيم عام 1962. ضمت القبة معروضات شركة فورد للسيارات.

التكنولوجيا والاختراعات TECHNOLOGY AND INVENTION

1951 يبتكر الفيزيائي الأمريكي الألماني الأصل إروين ميوللر (1911–77) مجهر الحقل الأيوني الذي يمكن بواسطته التقاط صورة لذرة مفردة.

1951 يركب الطبيب الأمريكي النمساوي الأصل كارل ديجراسي (1923 – 2015) مركب نورثندرون الاصطناعي وهو المركب الأساسي في تصنيع حبوب منع الحمل التي تتناولها النساء بالفم.

1951 يشيد الفيزيائي الأمريكي الألماني الأصل بوليكارب كوش (1911–93) ساعة السيزيوم الذرية – أكثر اجهزة قياس الزمن دقة.

1952 تقوم عالمة الرياضيات الأمريكية غريس هووبر (1906–92) بكشف الستار عن ابتكار أول مجمع لبرمجيات الحاسوب، A 0 ، بمكنه ترجمة التعليمات المكتوبة بلغة برمجة الحاسوب إلى شيفرات نظام الأعداد الثنائية للغة الآلة الحاسوبية .

1952 تسويق معينات السمع الترانزستورية، أول منتج يستخدم الترانزستور بدلاً من أنابيب التفريغ. يتبع هذه الخطورة ظهور المذياع المحمول.

1952 يبتكر المهندس الأمريكي فرد وولر (1886–1954) نظام الشاشة العريضة المعروف بالسينارما مستخدماً ثلاث آلات إسقاط. يفوق النظام نظام السينما سكوب (ابتكر في عقد العشرينيات) انتشارا خلال السنة التالية. ويحل النظام الجديد محل آلات الإسقاط بآلة واحدة بالإضافة إلى عدسة لا بلورية (مشوهة).

1952 يبتكر الجراح الأمريكي تشارلز هفناجل صماماً صناعياً للقلب.

1953 يجري العلماء السوفييت أولى اختباراتهم على القنبلة الهيدروجينية.

1953 يشيد مهندس الحاسوب الأمريكي من أصل صيني آن وانغ (1920–90) حاسوباً بذاكرة ذات لب مغناطيسي.

1953 يطور الفيزيائيان الأمريكيان جيرالد بيرسون (1905–87) وكالفن فولر (1902 – 94) ومساعدوهما في مختبرات شركة بل خلية السيليكون الضوئية لإنتاج الطاقة الكهربائية.

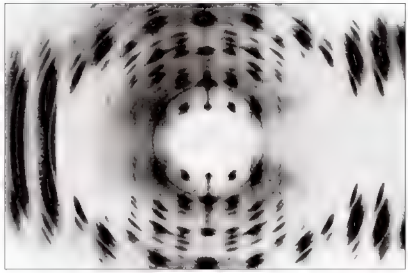
1954 افتتاح أول مفاعل نووي تجريبي سوفيتي لإنتاج الطاقة الكهربائية في مدينة أوبنسك .

1954 يبتكر المخترع الفرنسي مارك غريغور مقالي الطبخ غير اللاصقة.

1954 يطور مهندس الإلكترونيات الأمريكي غوردون تيل (1907–2003) ترانزستور السيليكون بديلاً رخيصا لترانزستور الجرمانيوم المستخدم قبل ذلك.

الحمض الديوكسي الريبو نووي (DNA) - الحلزون المزدوج
DNA - THE DOUBLE HELIX

كان العلماء قبل منتصف القرن العشرين على دراية بأن الجينات الحاملة للكروموسومات تشكل وحدات الوراثة. كما كانوا على علم بأن الكروموسومات تتكون من مزيج من البروتينات المعقدة ومركب يعرف بالحمض الديوكسي الريبونووي، أو الـ DNA اختصارا.



▲ صور الـ DNA باستخدام حيود الأشعة السينية. يستخدم الكيميائيون تقانات حيود الأشعة السينية لتحديد تركيب المركبات البلورية. استنبط واتسون وكرك من البقع المميزة لجزيء الـ DNA التركيب الحلزوني له.

طور الكيميائي الأمريكي لاينوس باولنغ (1901 – 94) عام 1951 تقنية للحصول على صور عالية التمييز لتركيب الجزيئات البيولوجية الكبيرة. باستخدام هذه التقانة توصل باولنغ إلى وصف صنفٍ من البروتينات يأخذ شكلاً حلزونيا -ثلاثي الأبعاد. ولمعرفته الجيدة بأن «الخطوة التالية الكبرى» لاكتشافه هي الوصول إلى ماهية الجينات، قام باولنغ بتركيز اهتمامه على الـ DNA.

شكل تركيب الـ DNA هاجساً استحوذ على تفكير طالب الدراسات العليا في العلوم البيولوجية بجامعة كيمبردج فرانسس كرك (1916 – 2004). كان المفترض في كرك إجراء أبحاثه على الهيموغلوبين. لكن حماسه لمعرفة الـ DNA تغلب على مسار دراسته الانتظامية، ومن حسن حظه أنه وجد استجابة لذلك من عالم البيولوجيا الأمريكي **جيمس واتسون** (1928 –) الذي التحق بجامعة كيمبردج عام 1951. بدأ الاثنان العمل على الموضوع بشكل غير رسمي. كان على الاثنين إبقاء عملهما طي الكتمان، إذ التهبت المنافسة حينها بين معاهد الأبحاث العلمية في محاولات فك شيفرة الـ DNA، وبخاصة لدى مجموعة بحثية أخرى تعمل في الكلية الملكية بلندن. كانت المجموعة بقيادة عالم الفيزياء الحيوية البريطانية النيوزلندي الأصل موريس ولكنز (1916 – 2004) وعالمة الكيمياء الفيزيائية الإنجليزية روزالند فرانكلن (1920 – 58)، وأجرت المجموعة عدداً من التجارب المعقدة لمعرفة تركيب الـ DNA باستخدام ظاهرة حيود الأشعة السينية. لكن المفارقة أن فرانكلن استبعدت تماما الشكل الحلزوني لجزيء الـ DNA، بينما اعتقد واتسون وكرك عكس ذلك. في عام 1951 وضع واتسون وكرك نموذج الـ DNA على شكل حلزون ثلاثي، وكانت فرانكلن في مقدمة المعترضين، إذ أن النموذج لم يتلاءم مع بيانات تجاربها في حيود الأشعة السينية. اعترف واتسون وكرك بخطئهما وعادا إلى فحص بياناتهما مجددا. كما وضع باولنغ عام 1952 نموذجه الخاص لجزيء الـ DNA على شكل حلزون يحتوي على ثلاث جدائل متشابكة. كان باولنغ مخطئاً أيضا وسرعان ما بين علماء آخرون خطأ نموذجه.

يحتوي الـ DNA على أربعة مركبات كيميائية مختلفة تعرف بالقواعد. أدى التوصل إلى معرفة ترابط هذه الجزيئات على شكل أزواج إلى وضع واتسون وكرك على المسار الصحيح للوصول إلى تركيب الـ DNA. فمن خلال معرفتهما بأعمال العالم النمساوي الأصل بجامعة كولومبيا إروين تشارغاف (1905 – 2002)، الذي اكتشف أن القاعدة أدنين تتحد دوماً مع القاعدة ثيامين، وكذلك تتحد القاعدة غوانين دوماً مع سايتوسين، من خلال

تواريخ مفصلية

- **1951** البروتينات الحلزونية.
- **1952** نموذج باولنغ.
- **1953** نشر مقالة واتسون وكرك المتضمنة وصف تركيب الـ DNA الحلزوني المزدوج.
- **1973** إنتاج أول كائن معدل بالهندسة الوراثية.
- **1982** إنتاج الأنسولين المهندس وراثيا.



◄ في وصفه للحظة التي توصل فيها مع كرك إلى اكتشافهما قال واتسون (يمين) «عند توصلنا للإجابة قمنا بقرص أجسادنا حتى نتأكد أننا نعيش الواقع، واقتنعنا بأننا وصلنا للحقيقة لأن التركيب كان غاية في الجمال».

سر التكاثر

يبدأ جزيء الـ DNA باستنساخ نفسه من خلال «انفلاقه» أو فتحه طولياً كزمام منزلق. وبذلك تنفصل الجديلتان المكونتان للتركيب الحلزوني المزدوج وتبقى القواعد الرابطة بين الجديلتين منكشفة. تنجذب النيكليوتيدات السابحة بحرية داخل النواة نحو الجديلتين المنفلتتين لتلتحم بهما وتتكون جدائل جديدة. (النيوكليوتيد هو وحدة الـ DNA ويتكون من قاعدة وسكر ومجموعة فوسفيت) ونظراً لارتباط زوجي القواعد بشكل محدد دائما (ارتباط القاعدة A مع القاعدة T وكذلك القاعدة G مع القاعدة C) ينتج عن ذلك زوجان من التركيب الحلزوني متماثلان تماما مع الشكل الحلزوني المزدوج الأصلي. وفي أحيان نادرة يحدث خطأ في عملية النسخ فيؤدي ذلك إلى حدوث طفرة وراثية، مما يعني إنتاج جدائل مختلفة عن الأصل. وللطفرات أهمية كبرى كمصدر للتنوع في الكائنات، كما أن لها أثر عميق في عملية التطور بواسطة الانتخاب الطبيعي.



في الأوقات التي لا يتكاثر فيها الـ DNA تلتف الجزيئات حول بعضها في شكل متماسك في التركيب المسمى الكروموسوم.

التكاثر يأخذ مجراه: يمتح الأنزيم «زمام منزلق» جديلتي الـ DNA لتصبح كل جديلة قالباً لإنتاج تركيب حلزوني مزدوج جديد.

تتحد قواعد النوكلوتيدات الحرة مع قواعد السلسلة المفتوحة لتنتج جديلة جديدة. يتم اتحاد القواعد بشكل محدد دائما.

▲ يشبه تركيب الـDNA- شكل سلم ملتوي - «الحلزوني المزدوج» الشهير. تتكون جوانب السلم من سكر (دبوكسي ريبوز) ومجموعة الفوسفيت أما درجات السلم فتتكون من أزواج من القواعد.

هذه الملاحظة المهمة استوعب واتسون وكرك تركيب الـ DNA. بل كان اكتشاف تشارغاف السبب الرئيس لفهمها آلية تكاثر هذا الجزيء. نشر واتسون وكرك بحثهما في دورية نيتشر (الطبيعة) المرموقة في أبريل عام 1953، ونال الاثنان بمشاركة موريس ولكنز جائزة نوبل في علم الفيسيولوجيا أو الطب عام 1962.

شهد عقد الأربعينيات والخمسينيات من القرن العشرين عدداً من الاكتشافات المتعلقة بالبلازميدات على أيدي العديد من العلماء من بينهم عالم الجينات الأمريكي جوشوا ليدربيرغ (1925 – 2008)، وعالم الفيزياء الحيوية الألماني ماكس دلبروك (1906–81) وعالم الجينات الإيرلندي وليام هييز (1918 – 94). والبلازميدات أجزاء دائرية صغيرة من الـ DNA تتجرف مع السايتوبلازمات البكتيرية لتنفصل بذلك عن الكروموسوم الرئيس. ونظرا لسهولة عزل البلازميدات ويُسر عملية تغييرها وكذلك إعادتها إلى الخلية الأم بشكل معدل، أضحت واحدة من أهم أدوات البحث في علم الجينات الحديث.

اكتشف الأمريكي ستيوارت لن (1940 –) وعالم الفيزياء الحيوية السويسري فيرنر آربر (1929 –) خلال عملهما في جنيف عام 1968، اكتشفا نوعاً من البروتينات المسماة بالأنزيمات المقيدة التي تقوم «بقطع» الـ DNA في مواضع معينة. لكن الأطراف المقطوعة سرعان ما تلتحم على شكل رباط مجدول مع أجزاء أخرى من الـ DNA. كما نجح عالم الجينات الأمريكي جوناثان بكويث (1935 –) عام 1969 في عزل جين مفرد –الجين المعني بهضم السكر في البكتيريا *اشيرتشيا كولي* (الإشريكية القولونية). أدت هذه الاكتشافات إلى استقراء الإمكانية النظرية لشطب جين ما أو إضافة جين جديد لسلة الـ DNA، ولم تعد قضية حدوث ذلك إلا مسألة وقت.

قد توصل عالما الحيوان الأمريكيان ستانلي كوهين (1922 –) وهيربرت بوير (1936 –) عام 1973 إلى إزالة مقطع من الـ DNA من بلازميدات بكتيريا إي. كولي واستبداله بجين بكتيري آخر. كانت النتيجة الحصول على أول كائن مهندس وراثيا. وهنا بزغ فجر فرع جديد في العلوم مثير للجدل والنزاع.

تُمَكِن الهندسة الوراثية العلماء من استبدال جين غير مرغوب به في كائن ما بجين آخر مرغوب بصفاته. ومن بين أمثلة ذلك نجاح العلماء في عقد الثمانينيات من القرن العشرين بإدخال جين أنسولين بشري في بكتيريا إي. كولي ومن ثم وضع البكتيريا في خميرة، مما أحدث ثورة علمية في إنتاج العلاج الحيوي لملايين البشر المصابين بداء السكري. وفي مجال الزراعة تجرى عمليات مشابهة بغرض إنتاج محاصيل أكثر صلابة و أغزر إنتاجا، كما تستخدم التقانة لإنتاج حيوانات لمختبرات الأبحاث الطبية. لكن الجدل مازال قائماً حول الاستخدام الواسع لهذه التقانات، علاوة على أن العديد من سكان العالم في مختلف أجزاء المعمورة لا يثقون بالمنتجات الغذائية المعدلة وراثيا. وينتاب القلق البشر من تأثير هذه المنتجات على الصحة والبيئة على حدٍ سواء. كما أن الآمال الأولية بتوفير العلاج بوسيلة الاستبدال الجيني للعديد من الأمراض المتعلقة بالخلل الجيني، هذه الآمال لم تؤتِ ثمارها حتى اليوم، لكن الأبحاث نحو هذا الهدف مازالت مستمرة.

علم الفلك ASTRONOMY

1955 يرصد عالم الفلك الراديوي الأمريكي كينيث فرانكلن (1923–2007) إشعاعات راديوية صادرة من كوكب المشتري.

1955 يشيد الفلكي الإنجليزي مارتن رايل (1918–84) جهاز تداخل راديوي ضخم بهدف الكشف عن مصادر الإشعاع الراديوي في الفضاء. (رصد الإشعاع الراديوي الصادر عن كازيوبيا A عام 1948 باستخدام أول جهازي تداخل راديوي شيدهما).



اكتشف يوجين باركر عام 1957 الرياح الشمسية والتي تتكون من تيار لانهائي من جسيمات مشحونة عالية الطاقة تنفث من هالة الشمس في الفضاء البيني للكواكب. تبلغ سرعة هذه الجسيمات عند اقترابها من سطح الأرض ما بين 125 إلى 160 ميلاً في الثانية (200 – 260 كم/ ثانية). يؤدي وصول هذه الجسيمات إلى تشوه الغلاف المغناطيسي للأرض (المنطقة المحيطة بالأرض التي تظهر فيها الآثار المغناطيسية لها) لتصبح على شكل قطرة دمعة عين تتجه بعيدا عن الشمس.

الكيمياء CHEMISTRY

1955 ينجح الكيميائي الأمريكي ألبرت غيورسو (1915–2010) ومساعدوه في عزل العنصر المشع الجديد مندليفيوم وذلك بقصف عنصر آينشتينيوم –253 بجسيمات ألفا. كما تكتشف المجموعة بعد ثلاث سنوات عنصر نوبيليوم بقصف الكيوريوم بأيونات الكربون.

1955 يتوصل عالم الكيمياء الحيوية الإنجليزي فريدريك سانجر (1918–2013) إلى معرفة سلسلة الأحماض الأمينية في هرمون الأنسولين (نوع من البروتينات).

1955 تنجح عالمة التصوير البلوري دوروثي هودجكن (1910–94) في معرفة تركيب السايانوكوبالامين (فيتامين B_{12}) باستخدام الحاسوب.

الفيزياء PHYSICS

1955 يكتشف كل من الفيزيائي الأمريكي من أصل إيطالي إميليو سيغري (1905–89) والفيزيائي الأمريكي أوين تشامبرلين (1920– 2006) ضديد البروتون (جسيم له كتلة البروتون لكنة سالب الشحنة).

1955 ينتج العلماء في شركة جنرال إلكتريك الأمريكية الماس صغيراً اصطناعيا من الغرافيت، وذلك على إثر تجارب أجراها الفيزيائي الأمريكي بيرسي بريغمان (1882–1961) .

1956 يكتشف الفيزيائيان الأمريكيان كلايد كوان (1919–74) وفريدريك راينس (1918–98) النيوترينو، وهو جسيم تحت ذري لا شحنة له وتساوي كتلة السكون له الصفر .

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1955 يكتشف عالم الجينات الأمريكي من أصل إسباني سيفيرو أوتشوا (1905–93) إنزيما في البكتيريا يمكنه إنتاج الحمض الريبوني النووي اصطناعيا (RNA) ويكتشف في وقت لاحق أن الإنزيم عامل مساعد في تكسير الـ RNA وليس في تصنيعه.

1956 يتوصل عالم البيولوجيا الخلوية الروماني جورج بالاد (1912–2008) إلى تحديد الريبوسومات وهي التراكيب الخلوية الدائرية الصغيرة المسؤولة عن تجميع البروتينات في الخلايا.

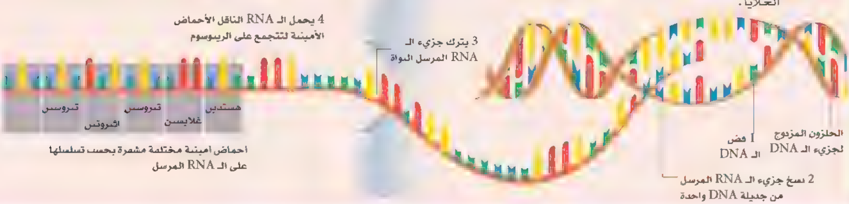
1956 يكتشف عالما الكيمياء الحيوية الأمريكيان مالون هوغلاند (1921–2009) وبول زامكنك (1913–2009) جزيء الـ RNA الناقل (tRNA). يقوم الجزيء بنقل الأحماض الأمينية إلى الريبوسومات حيث يتم تركيب البروتينات.

1956 ينجح عالم الكيمياء الحيوية الأمريكي آرثر كورنبيرغ (1918–2007) في عزل إنزيم بوليميريس الـ DNA، والذي يمكنه تركيب جزيء الـ DNA (الحمض الديوكسي الريبوي النووي) من مكوناته في أنبوب اختبار.

1956 يجري الطبيب الأمريكي إدوارد توماس (1920–2012) أول عملية ناجحة لزرع النخاع الشوكي (بين توأمين متطابقين).

1957 يبرهن عالما البيولوجيا الجزيئية الأمريكيان ماثيو ميزولسون (1930–) وفرانكلن ستاهل (1929–) على أنه خلال عملية استنساخ الـ DNA يحتوي جزيء كل DNA جديد على جديلة واحدة من الجزيء الأصلي.

خطوات تكون البروتينات من الأحماض الأمينية في الخلية.



علم الفلك ASTRONOMY

1956 يكتشف عالم الفيزياء الفلكية الأمريكي هيربرت فريدمان (1916–2000) صدور أشعة سينية خلال حدوث الفورات الشمسية.

1956 يلتقط الفلكيان البلجيكيان سيلفيان آرنيد (1902–92) وجورج رونالد (1922–91) صورة شمسية لمذنب آرنيد – رولاند؛ يصبح المذنب الجرم السماوي الرئيس الذي يمكن رصده بالعين المجردة عند اقترابه من الأرض في بدايات عام 1957.

1957 الانتهاء من تشييد المقراب الراديوي القابل للتوجيه في مرصد جودرل بانك في شمال إنجلترا. يبلغ قطر صحن الالتقاط 250 قدما (66.2م).

1957 يكتشف الفيزيائي الأمريكي يوجين باركر (1927–) الرياح الشمسية وتتكون من سيل من الجسيمات التي تنفثها الشمس.

1958 يعلن الفلكي السوفيتي نيكولاي كوزيريف (1908–83) عن رصده نشاطاً بركانياً على سطح القمر؛ لكن لم يتمكن أي فلكي آخر من تأكيد رصده مما يعزز الرأي بأن ما شاهده ليس إلا نتيجة ارتطام شهب بسطح القمر.

1959 ينجح الباحثون في معهد ستانفورد للأبحاث في كاليفورنيا في إجراء اتصال راديوي مع الشمس.

الكيمياء CHEMISTRY



عالمة التصوير البلوري دوروثي هودجكن

1956 يصنع الكيميائي الأمريكي روبرت وودوورد (1917–79) الرسربين.

1956 يتوصل عالم الكيمياء الحيوية الأمريكي من أصل صيني تشو هو لي (1913–87) ومساعدوه إلى ترتيب 39 حمضاً من الأحماض الأمينية في جزيء هرمون الأدرينوكورتيكوتروبيك (ACTH).

1957 بدء الإنتاج التجاري للدائن البوليبروبين (بوليبروبلين) في إيطاليا باستخدام أسلوب معالجة ابتكرها الكيميائي الإيطالي جيوليو ناتا (1903–79) والكيميائي الألماني كارل زيغلر (1898–1973). وخلال فترة وجيزة يدخل المنتج في صناعات مختلفة من استخدامه في صناعة بعض أجزاء السيارات إلى أكياس التغليف المنزلية.

الفيزياء PHYSICS

1956 ينجح الفيزيائي الأمريكي ليون كووبر (1930 –) في تحديد مزدوجات كووبر والمتكونة من أزواج من الإلكترونات في المواد فائقة التوصيل (مما يفسر انعدام المقاومة الكهربائية لهذه المواد).

1957 يكتشف الفيزيائي الألماني رودولف موزبار (1929–2011) ظاهرة موزبار والمتعلقة بالارتداد الحر لإشعاعات غاما المنبعثة من نوى ذرات شبيكة بلورية.

1957 يتوصل الفيزيائي الياباني ليو إيساكي (1925 –) إلى تفسير ظاهرة العبور النفقي والتي تعنى بعبور الإلكترونات في المواد شبه الموصلة «حاجز» الطاقة. كما ينتج بعد ثلاث سنوات الترانزستور النفقي الذي يعتمد مبدأ عمله على الظاهرة.

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1957 يكتشف الكيميائي الأمريكي ملفن كالفن (1911–97) دورة كالفن وهي سلسلة من التفاعلات الكيموحيوية في عملية التمثيل الضوئي.

1957 يبتكر عالم المايكربيولوجيا الأمريكي من أصل بولندي ألبرت سابن (1906 – 93) لقاح سابن ضد مرض شلل الأطفال ويعتبر لقاحاً مطوراً مقارنة بلقاح سالك إذ أنه يوفر وقاية لفترة أطول كما يمكن تناوله عن طريق الفم.

1958 يستحدث عالم المايكروبيولوجيا الأمريكي جون إندرز (1897–1985) لقاحاً ضد مرض الحصبة.

1958 يستحدث الجراح الإسكتلندي أيان دونالد (1910–87) استخدام المسح فوق الصوتي (السونار لفحص الأجنة في أرحام أمهاتهم).

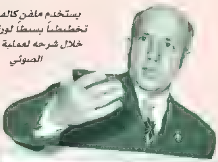


يفحص ألبرت سابن (يسار) أحد مرضى شلل الأطفال في مستشفى ريو دي جانيرو في البرازيل.

1959 يتوصل عالم الكيمياء الحيوية البريطاني من أصل نيوزلندي ماكس بيروتز (1914–2002) إلى تركيب جزيء الهيموغلوبين.

1959 يصف الجراح من إيرلندا الشمالية دنيس بيركت (1911–93) أعراض ورم بيركت (اللمفاوي)، وهو ورم سرطاني يشوه الشكل وشائع الانتشار بين الأطفال في إفريقيا.

1959 يبرهن الطبيب الفرنسي جيرومي ليجيون (1926–94) على أن سبب متلازمة داون اختلال كروموسومي.

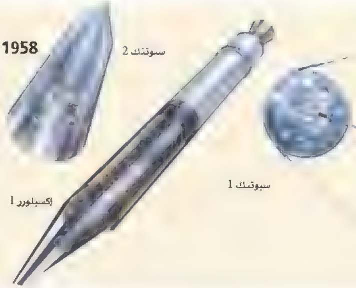




يستخدم ملفن كالفن رسماً تخطيطياً بسيطاً لورقة شجرة خلال شرحه لعملية التمثيل الضوئي

اكتشاف الفضاء SPACE EXPLORATION

1957 يطلق العلماء السوفييت أول تابع صُنعي يأخذ مداره حول الأرض؛ *سبوتنك 1* و*سبوتنك2* (تعني مفردة سبوتنك رفيق الدرب). يزن التابع *سبوتنك 1* 184 رطلاً (83,6 كجم) ويكمل دورته حول الأرض خلال 96 دقيقة. أما *سبوتنك 2* فيحمل على متنه الكلب لايكا وهو أول كائن حي يرتاد الفضاء.



أول ثلاثة توابع صنعية إنتاج عامي 1957 و 1958.

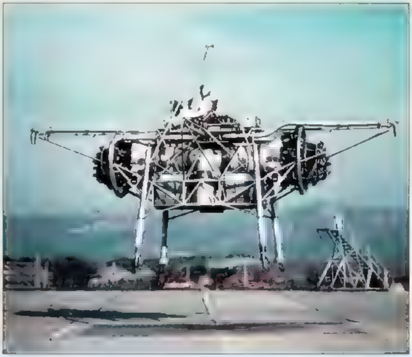
1958 يطلق العلماء الأمريكيون *إكسبلورر 1*، وهو أول تابع صنعي أمريكي، ويستخدم نظام صواريخ جيوبتر ذي الأربع مراحل. أطلقت الولايات المتحدة حتى نهاية عام 2000 سبعين تابعاً من نوع *إكسبلورر*.

المواصلات والهندسة TRANSPORTATION AND ENGINEERING

1955 تستمر شركة رولز رويس البريطانية في عملية تطوير الطائرة التجريبية (الاقلاع والهبوط العموديين الملقبة «هيكل السرير الطائر».

1957 إنتاج محرك وانكل الدوار (الرحوي) في ألمانيا الغربية. المحرك من ابتكار فيلكس وانكل (1902–88).

1958 يصمم المهندس الإنجليزي أليكس مولتون (1920 –) دراجة مولتون القابلة للطي، ويمكن وضع الدراجة بعد طيها في خزان السيارة.



لقبت طائرة VTOL التجريبية من إنتاج شركة رولز رويس البريطانية، التي طورت بين عامي 1954 و 1957، لقبت بمسمى «هيكل السرير الطائر». استخدم النموذج لاختبار الطيران العمودي باستخدام المحركات النفاثة، لكن غالبية الطائرات في التجارب كانت مشدودة بالحبال إلى الأرض. أدت التجارب في نهاية المطاف إلى تطوير طائرات هارير النفاثة.

1958 تدشين أول باخرة نووية قاطعة للجليد *لينين* في الاتحاد السوفييتي.

1958 يبتكر المهندس الأسترالي ديفيد وورن (1925 – 2010) الصندوق الأسود لتسجيل وتخزين معلومات الرحلات الجوية (الصندوق في الحقيقة برتقالي اللون – لتيسير العثور عليه في موقع الحادث).

1959 الانتهاء من تشييد السد العالي في كريبا على الحدود الزامبية الزمبابوية. يبلغ ارتفاع السد 420 قدما (128 م).

1959 يبتكر المهندس الكندي جيه. أرماند بومبارديير (1907–64) زلاجة الجليد.

التكنولوجيا والاختراعات TECHNOLOGY AND INVENTION

1955 يصمم المهندس السوفييتي فالنتن غلوشكو (1908–89) المحرك الصاروخي RD-107 (الذي يستخدم في وضع التوابع الصنعية من نوع *سبوتنك* في مداراتها).

1955 تشييد أول حاسوب ترانزستوري، بدلاً من حواسيب أنابيب التفريغ في مختبرات شركة بل في الولايات المتحدة.

1955 يطور العالم الهندي نارندر كاباني (1927 –) الألياف البصرية لحمل الضوء عبر مسافات كبيرة دون فقد الكثير من شدته.

1956 تسوق الشركة الأمريكية أمبكس أشرطة تسجيل الفيديو من تصميم مهندس الإلكترونيات الأمريكي من أصل روسي ألكساندر بونيتوف (1892 – 1980).

1956 يصمم مبرمج الحواسيب الأمريكي جون باكوس (1924 – 2007) ومساعدوه في شركة IBM لغة فورتران (مترجم المعادلات) الحاسوبية. يسوق البرنامج تجاريا خلال العالم التالي.

1956 إرساء مناقصة تشييد أول محطة طاقة نووية تجارية في العالم في منطقة كالدرهول في بريطانيا.

1957 يؤدي انفجار في مستودعات المخلفات النووية في جبال الأورال بالاتحاد السوفيتي إلى تلوث منطقة شاسعة بالاشعاعات النووية.

1957 يبتكر الفيزيائي الأمريكي كليرنس زينر (1905 – 93) دايوود زينر المصنوع من أشباه الموصلات والمستخدم في دارات قطع الجهد الكهربائي.

1957 يطور المهندس الإنجليزي ليونل بلكنغتون (1920 – 95) طريقة الزجاج الطافي لتصنيع ألواح كبيرة من الزجاج.

1957 يفجر العلماء البريطانيون أول قنبلة هيدروجينية بريطانية في جزر كريسماس بالمحيط الهندي.

1957 يبتكر الفيزيائي الأمريكي الروسي الأصل **فلاديمير زوريكن** (1889 – 1982) جهاز التلفاز الملون يستخدم فيه الأشعة فوق البنفسجية لدراسة الخلايا الحية.

انظر أيضاً الحواسيب الأولى **8**: 44-45؛ مسابير الكواكب **9**: 34-35؛ أسرار القمر **9**: 44-45

اكتشاف الفضاء SPACE EXPLORATION

1958 يبرهن الفيزيائي الأمريكي جيمس فان الن (1914–2006) على وجود حزام فان ألن الإشعاعي باستخدام البيانات التي توافرت من عدادات غايغر على متن تابع ناسا الصنعي *إكسبلورر 1* . يتكون الحزام من جسيمات مشحونة عالية الطاقة محصورة بواسطة المجال المغناطيسي للأرض. وخلال السنة نفسها يجري التابع *إكسبلورر 4* مسحاً للإشعاعات المحصورة.

1958 تأسيس وكالة الطيران والفضاء الأمريكية (ناسا).

1958 يطلق العلماء السوفييت التابع الصنعي *سبوتنك 3* ويضعونه في مداره حاملاً عدداً من الأجهزة العلمية على متنه. شملت رحلات سبوتنك عشرة توابع: خصصت التوابع 4 و5 و6 لتجربة إجراءات الدخول إلى الغلاف الجوي خلال رحلة العودة مع نجاح *سبوتنك 5* في العودة. فشل التابعان 7 و8 في رحلتهما إلى كوكب الزهرة. أما التابعان 9 و10 فقد كانا تابعين تجريبيين تمهيداً لبرنامج فوستوك المأهول.

1959 يطلق العلماء السوفييت ثلاثة مجسات من نوع *لونك* إلى القمر: يحلق *لونك 1* عبر فضاء القمر، ويتحطم *لونك 2* بارتطامه بسطح القمر، لكن ينجح *لونك 3* في اتخاذ مداره حول القمر وإرسال صور ضوئية للجانب المظلم منه. تشكل هذه المجسات الأولى من بين 24 مجساً من هذا النوع (تعرف المجسات 21 المتبقية باسم *لونا*).

المواصلات والهندسة TRANSPORTATION AND ENGINEERING

1959 تطلق السيدة الأولى ميم آيزنهاور اسم *سافانا* على أول باخرة بضائع نووية. تدشن الباخرة بعد الانتهاء من تشييدها عام 1962.

1959 تدشن شركة أوستن للسيارات البريطانية إنتاج سيارات الميني (الصغيرة) من تصميم المهندس البريطاني اليوناني الأصل أليك آسيغونس (1906 – 88)

1959 افتتاح معبر سانت لورنس البحري بعد توسعته ليربط المحيط الأطلسي بالبحيرات العظمى.

1959 إنطلاق أول باخرة نقل للميثين السائل على متن *ميثين بايونير*. (تعبر الباخرة المحيط الأطلسي من لويزيانا إلى بريطانيا).



يقف أليك آسيغونس إلى جانب سيارته الصغيرة (ميني) التي صممها لشركة أوستن للسيارات عام 1959. ساهمت السيارة في إعادة إنعاش سوق السيارات العائلية بعد الحرب العالمية الثانية في بريطانيا بسبب محركها الاقتصادي الصغيرة – ثُبت عموديا على جانب السيارة لتدوير العجلات الأمامية– وسعرها المناسب. أنتجت الشركة آلاف السيارات من هذا النوع بطرازات مختلفة. نال نموذج عالي المتانة من نماذج ميني ومزود بمحرك كوبر (ميني كوبر S) اهتماما كبيرا ودخل حلبة سباق مونت كارلو للسيارات سنوات عدة.

التكنولوجيا والاختراعات TECHNOLOGY AND INVENTION

1957 يؤدي حريق في محطة الطاقة النووية بمدينة وندزكيل (شفيلد لاحقا) في بريطانيا إلى تسرب الإشعاعات النووية.

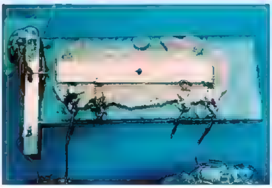
1957 تسوق الشركة الأمريكية سمث كورونا آلة طباعة كهربائية محمولة.

1958 يبتكر الطبيب الأمريكي كليرنس ليلهي (1918 – 99) الميقاع (ضابط نبض القلب)، والذي يُثبت خارج جسم المريض. كما ينجح الجراح السويدي أيك سيننغ (1915 – 2000) بعد سنة في ابتكار ميقاع داخلي، يزرع داخل جسم المريض.

1958 تشغيل أول محطة طاقة نووية سوفيتية عالية القدرة في مدينة تروتسك في سيبيريا.

1958 يبتكر مهندسا الإلكترونيات الأمريكيان جاك كلبي (1923 – 2005) وروبرت نويس (1927–90) –بشكل مستقل عن بعضهما– الدارات المتكاملة لاستخدامها في الحواسيب والأجهزة الإلكترونية الأخرى.

1959 تنتج الشركة الألمانية فويغتلاندر عدسة تقريب (زوم) لآلات التصوير، مما يوفر مدى من الأبعاد البؤرية باستخدام عدسة واحدة.



تعتبر الدارات المتكاملة التي ابتكرها جاك كلبي عام 1958 أول دارة من دارات الحالة الصلبة وأحدثت خلال فترة قصيرة ثورة في صناعة الإلكترونيات.

1959 يشيد المهندس الأمريكي جيرارد أونيل (1927–92) حلقة تصادم ذات قدرة عالية لمعجلات الجسيمات.

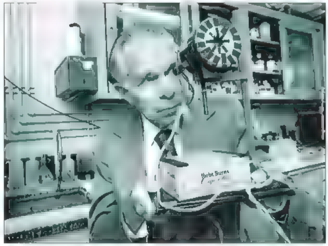
1959 يطور الفيزيائي الإنجليزي فرانسس بيكون (1904–92) خلية وقود أكسجينية – هيدروجينية ذات قدرة عالية وذلك باستخدام وسط إلكتروليتي يتكون من هيدروكسيد البوتاسيوم.

1959 تفوض وكالة الطاقة الذرية في المملكة المتحدة بناء مفاعل نووي مولد للوقود.

1959 يستحدث الفيزيائي الأمريكي ريتشارد فاينمان (1918–88) مفهوم النانو تكنولوجي (التكنولوجيا النانوية أو الصُغرية)، ويتعلق المفهوم بتصنيع واستخدام تجهيزات تتراوح أبعادها في حدود النانومتر (10^{-9} م).

العناصر الكيميائية الجديدة
NEW CHEMICAL ELEMENTS

كان عدد الفجوات في الجدول الدوري للعناصر حتى عام 1937 أربعة فقط، وامتد الجدول الدوري حينها إلى عنصر اليورانيوم ذي العدد الذري 92. ظهرت الفجوة عند الأعداد الذرية 43، 61، 85، 87. استخدم الفيزيائيون والكيميائيون بعد ذلك معجلات الجسيمات، مثل السايكلترون، الذي ابتكره الفيزيائي الأمريكي إرنست لورنس (1901-58) عام 1932.



▲ يمسك غلن سيبورغ بعينة من البلوتونيوم في صندوق للسيجار. أصبح سيبورغ عام 1974 أول عالم يكرم في حياته بإطلاق اسمه على عنصر كيميائي جديد مكتشف، السيبورغيوم.

استخدم العلماء معجلات الجسيمات في البداية «لتحطيم الذرات» وفلق العناصر إلى أجزاء أقل كتلة. ففي عام 1937، على سبيل المثال، استخدم العلماء الأمريكيون السايكلترون في كاليفورنيا لقذف معدن الموليبدنوم بالديوترونات وهي نوى ذرة الديتيريوم، - الهيدروجين الثقيل - أكبر الجسيمات تحت الذرية كتلة. وتم إرسال عينة من الموليبدنوم المقذوف إلى الفيزيائيين بجامعة باليرمو بإيطاليا حيث عكف الأمريكي من أصل إيطالي إميليو سيغري (1905 – 89) وكارلو بيريير (1886 – 1948) على تحليلها. وجد الإيطاليون أن العينة احتوت عنصراً جديداً، وهو العنصر الذي ينتمي إلى الفجوة رقم 43 في الجدول الدوري. أطلق العلماء في البداية مسمى ماسوريوم على العنصر الجديد، لكن أعيد تسميته فيما بعد إلى تكنيتيوم للتدليل على أنه عنصر من صنع بشري. كما أن الكيميائية الفرنسية مارغريت بيري (1909 – 75) قامت عام 1939 بدراسة نواتج الانحلال الإشعاعي لعنصر الأكتينيوم 227- واكتشفت عنصراً مشعاً جديداً آخر، العنصر رقم 87 المفقود في الجدول الدوري. أطلقت بيري في البداية مسمى أكتينيوم K- على العنصر الجديد ، لكنها غيرت الاسم فيما بعد إلى فرانسيوم تكريماً لموطنها.

نجح سيفري ومساعدوه عام 1940 في التوصل إلى اكتشافهم التالي بقذف البزموث بجسيمات ألفا (نوى ذرات الهيليوم). وأطلقوا عام 1947 مسمى الأستاتين على العنصر غير المشع الجديد (مصدر الاسم المفردة الإغريقية *أستاتوس* التي تعني «غير المستقر»). كما اكتشف علماء آخرون نظائر أستاتين أكبر كتلة تتوافر طبيعيا، لكن هذه النظائر الطبيعية مازالت الأندر على سطح الأرض. أما اكتشاف آخر فجوة في الجدول الدوري، العنصر رقم 61، فقد تم عام 1945 على يد الكيميائي الأمريكي جيكوب مارنسكي (1918 – 2005) ومساعدوه وذلك من خلال قذف النيوديميوم بالنيوترونات. أطلقت المجموعة مسمى بروميثيوم على العنصر الجديد عام 1949، تخليدا للجبار بروميثيوس الذي سرق النار من الآلهة وجلبه للبشر بحسب الأساطير الإغريقية.

لكن عملية قذف العناصر بالجسيمات لا تؤدي إلى «تحطيم

تواريخ مفصلية

1937 التكنيتيوم.

1939 الفرانسيوم.

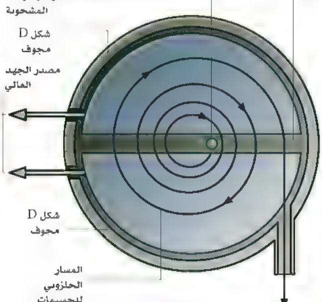
1940 الأستاتين، والنبتونيوم والبلوتونيوم.

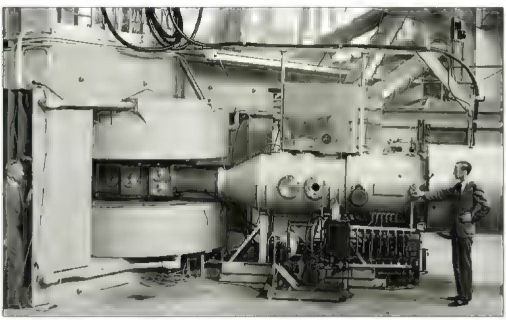
1944 الكيوريوم والأمرسيوم.

1945 البروميثيوم

1982 الميتنيريوم.

1984 الهاسيوم.





▲▶ السايكلترون هو أول معجل للجسيمات. تبين الصورة (إلى الأعلى) رسماً مقطعياً من فوق المعجل، ويتكون من مغناطيسين مجوفين على شكل حرف D متقابلين يوضعان في حيز مفرغ من الهواء. بتطبيق فرق جهد كهربائي عالٍ بين شكلي الحرف D تعجل الجسيمات المؤينة خلال مرورها عبر الفجوة بينهما لتأخذ مساراً لولبياً مركزه على مقربة من مصدر الأيونات. يمكن استخدام الجسيمات عالية الطاقة «لتحطيم» الذرات. الصورة (يمين) للسايكلترون الأصلي البالغ قطره 60 بوصة (1.5 م) الذي شيده إرنست لورنس ومساعدوه في مختبرات لورنس بجامعة بيركلي في كاليفورنيا عام 1932.



التكنولوجيا المتطورة في الطب

تجد بعض العناصر المشعة الجديدة تطبيقات طبية. اليسار: حقن مريض بالتكنتونيوم 99، وهو عنصر مشع يطلق أشعة غاما. يتركز النظير المشع في العظام ويمكن الكشف عن وجوده باستخدام آلة تصوير غامية للحصول على صورة ملونة على شاشة حاسوب. تبين الصورة العمود الفقري والقفص الصدري وحوض المريض باللون الأحمر مع وجود بقع داكنة أكثر (بقع ساخنة)، التي تشير إلى مواقع محتملة لمناطق سرطانية ثانوية، والتي تصيب العظام في الغالب. وبهذه الطريقة يمكن للأطباء، الذين يظهر انعكاس صورهم على الشاشة، دراسة تقدم المرض وفاعلية العلاج.

الذرات» فحسب، بل يمكنها أن تدفع النواتج نحو بعضها لإنتاج مركبات جديدة أيضا. وقد حدث مثل هذا الأمر مرتين عام 1940. ففي المرة الأولى قام عالما الكيمياء الفيزيائية الأمريكي إدوين ماكميلان (1907–91) وفيليب ابلسون (1913–2004) بقذف نظير اليورانيوم -238 بوابل من النيوترونات البطيئة لينتج عن العملية النبتونيوم، على اسم كوكب نبتون الذي يقع مداره بعد مدار كوكب أورانوس، كما يأتي النبتونيوم بعد اليورانيوم في الجدول الدوري. كما قامت مجموعة بحثية في مختبرات جامعة كاليفورنيا في بيركلي بقيادة عالم الكيمياء الفيزيائية غلن سيبورغ (1912 – 99) بقذف اليورانيوم -238 بنوى الديتيريوم (الديوترونات) لينتج عن ذلك عنصر البلوتونيوم، على اسم كوكب بلوتو الذي يقع مداره بعد مدار كوكب نبتون كما يلي هذا العنصر عنصر النبتونيوم في الجدول الدوري.

والعنصران الأخيران هما أولى عناصر ما بعد اليورانيوم المكتشفة (العناصر التي يفوق عددها الذري العدد الذري لليورانيوم). وعلى إثر اكتشاف هذين العنصرين تتابع بشكل سريع اكتشاف عناصر أخرى من المجموعة نفسها: كيوريوم (1944)، والأمرسيوم (1944)، والبيركيليوم (1949)، والكاليفورنيوم (1950) وهلم جرا. وأُطلق مسمى سيبورغيوم على العنصر ذي العدد الذري 106، الذي اكتشف عام 1974، تكريماً لغلن سيبروغ. كما تمكن الفيزيائي الألماني بيتر ارمبرستر (1931 –) ومساعدوه عام 1982، في معهد أبحاث الأيونات الثقيلة بمدينة دارمستات الألمانية، تمكنوا من إنتاج عددٍ من الذرات عددها الذري 109 بقذف البزموث – 209 بنويات ذرات الحديد -58. سُمي العنصر الجديد عام 1997 الميتيريوم على اسم الفيزيائية السويدية النمساوية الأصل ليز متنير (1878–1968)، التي كانت من أوائل العلماء اللذين فلقوا الذرة. كما أنتجت المجموعة نفسها عام 1984 بضع ذرات من العنصر 108 هاسيوم) بقذف نظير الرصاص – 206 بنوى ذرة الحديد -58. كما أنتج العلماء الروس في دبنا على مشارف موسكو الهاسيوم بالطريقة نفسها، وقام فريق روسي- أمريكي مشترك بعد عام بإنتاج نظير آخر للعنصر 108 بقذف اليورانيوم -238 بالكبريت -34. ويأتي مسمى هاسيوم كمشتق من مفردة هيس وهو الاسم اللاتيني للولاية الألمانية التي تقع فيها مدينة دارمستات.

يقارب عدد العناصر المكتشفة حتى الآن 116 عنصرا – حتى الآن يبدو أن القائمة قد اكتملت. كما قام العلماء بإنتاج بضع ذرات من العناصر الثقيلة، لكن هذه العناصر ليست إلا اشباعاً لفضول كيميائي. ومن ناحية نظرية يمكن إنتاج عناصر أثقل، لكن أي عنصر يزيد عدده الذري عن 120 عنصر غير مستقر إلى درجة أن وجوده وجودٌ عابر. (المترجم: في الثلاثين من ديسمبر 2015 اكتمل الجدول الدوري للعناصر بالإعلان عن اكتشاف العناصر 113، 115، 117، و 118).

علم الفلك ASTRONOMY



1960 يرصد الفلكي الأمريكي آلان سانديج (1926–2010) بصرياً الكويزار لأول مرة (جرم سماوي شبه نجمي)، وهو جرم سماوي نشط تزيد شدة إشعاعه عن إشعاع دزينة من المجرات. ويقوم الفلكي الأمريكي من أصل هولندي مارتن شميدت (1929 –) عام 1963 بقياس الانزياح الكبير لطيفه نحو الأحمر مبرهناً بذلك أن بُعده يُقدر ببلايين السنوات الضوئية.

في التصور المبين للكويزار ينفث سيل من الغازات عالية السرعة من المركز بينما يدور الكويزار في مسارٍ لولبي حول الثقب الأسود.

1961 يصوغ عالم الفلك الراديوي الأمريكي فرانك دريك (1930 –) علاقة دريك لتقدير عدد الكواكب في مجرتنا (درب التبانة) التي تتوفر فيها حضارة تكنولوجية متطورة.

الكيمياء CHEMISTRY

1960 يركب الكيميائي الأمريكي روبرت وودوورد (1917–79) المادة الخضراء في النباتات، الكلوروفيل، اصطناعيا.

1960 يفك عالم الكيمياء الحيوية الإنجليزي جون كندرو (1917–97) طلاسم تركيب جزيء المايوغلوبين.

1961 يعزل الكيميائي الأمريكي ألبرت غيورسو (1915 – 2010) ومساعدوه عنصر اللورنسيوم المشع.

1962 يصنع الكيميائي الأمريكي من أصل بريطاني نيل بارتلت (1932–2008) أول مركب من الغازات النادرة (الزينون).

الفيزياء PHYSICS

1962 يكتشف الفيزيائي الأمريكي ليون ليدرمان (1922 –) نيوترينو الميون، وهو جسيم تحت ذري لا شحنة له وتساوي كتلته الصفر.

1962 يكتشف الفيزيائي الويلزي براين جوزيفسون (1940–) ظاهرة جوزيفسون المتعلقة بسريان التيار الكهربائي بين مادتين فائقتي التوصيل معزولتين بطبقة رقيقة من مادة عازلة.

1964 يتنبأ عالم الفيزياء النظرية الأمريكي **ميوري جل - مان** (1929 –) بوجود الكوارك وهو جسيم تحت ذري أساسي شحنته تساوي كسراً (ليس عدداً صحيحا) من شحنة الإلكترون.

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1960 يصك عالما البيولوجيا الفرنسيان فرانكوس جيكوب (1920 –) وجاك مونو (1910–76) مصطلح حمض الريبو نووي المرسال (mRNA) لشرح وظيفة الجزيء الحامل للشيفرة الوراثية من جزيء الـ DNA (الحمض الديوكس الريبوني النووي) إلى مواقع تجميع البروتينات في الخلايا.

1960 يتوصل عالم الكيمياء الحيوية الأمريكي لايمن كريغ (1906 – 74) إلى عزل وتنقية الباراثورمون، وهو هرمون تنتجه الغدد الجنب-درقية الموجودة في العنق وتتحكم في مستوى الكالسيوم في الدم.

1960 يؤكد عالم البيولوجيا الأمريكي جيمس بونر (1910 – 96) على أن إنتاج الـ RNA يتم في الكروموسومات.

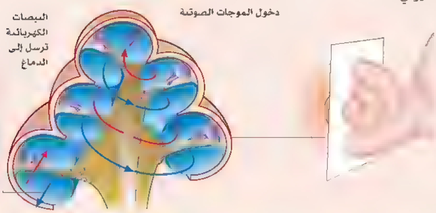
1960 يطور طبيب القلب الأمريكي **بول زول** (1911 – 99) الميقاع الذي يزرع داخل الجسم لتمكين القلب المعتل من النبض بشكل طبيعي.

1960 يكتشف عالما الحيوان الأمريكيان جون بريسكوت (1935 – 98) وكينيث نورس (1924–98) أن الدلافين ذات الأنوف على شكل القوارير الزجاجية تصدر نبضات فوق صوتية تستخدمها كنوع من أنواع تحديد المواقع لتتمكن من الكشف عن الأجسام تحت الماء.

1960 يكتشف عالم الأنثروبولوجيا الكيني جوناثان ليكي (1940 –) بقايا أقدم إنسان معروف، *هومو هابيلس* («الإنسان اليدوي أو الصانع»). وجدت الأحافير في منطقة أولدوفاي غورج في تنزانيا ويعود عمرها إلى حوالي مليوني سنة.

1960 يبين عالم الفيزياء الحيوية الأمريكي من أصل هنغاري **جورج فون بكشي** (1899–1972) آلية تحفيز موجات الصوت للقوقعة في الأذن الداخلية.

1961 تطرح عالمة البيولوجيا الإنجليزية ماري لايون (1925 –) فرضية لايون ومفادها أن أحد كروموسومي X في إناث الحيوانات الثديية يتعطل خلال التطور الأولي بشكلٍ عشوائي (يتحول إلى X كروماتين الذي يوجد في الأناث وليس الذكور).



قدم جورج فون بكشي عام 1960 شرحاً لوظيفة القوقعة اللولبية الشكل في الأذن الداخلة. تقوم القوقعة بتحويل الموجات الصوتية (السهام الحمراء) الساقطة عليها إلى نبضات كهربائية (السهام الزرقاء) وترسلها عبر القناة السمعية إلى الدماغ.

علم الفلك ASTRONOMY

1962 يكتشف الفيزيائيان الأمريكيان من أصل إيطالي ريكاردو جياكوني (1931 –) وبرونو روسي (1905 – 94) ومساعدوهما أول مصدر غير شمسي للأشعة السينية (نجم العقرب X-1). كما يكتشف عالم الفيزياء الفلكية الأمريكي هيربرت فريدمان (1916–2000) بعد عامين مصدراً آخر للأشعة السينية في سديم السرطان.

1964 يكتشف عالم الفلك الراديوي الأمريكي من أصل ألماني آرنو بنزايس (1933 –) وعالم الفلك الراديوي الأمريكي روبرت ولسون (1936 –) أشعة الخلفية الكونية الميكرووية (الصُغرية)، وذلك عن طريق الصدفة. يقنع الاكتشاف غالبية الفلكيين بصحة نظرية الانفجار العظيم.



يقف روبرت ولسون و آرنو بنزايس أمام مستقبل الموجات الراديوية الذي نجحا بواسطته في التقاط الصدى الراديووي للانفجار العظيم. تم الاكتشاف في ولاية نيوجيرسي عام 1964.

الكيمياء CHEMISTRY

1962 يصنع الكيميائي الأمريكي تشارلز بيدرسن (1904 – 89) الأثيرات التاجية، وهي جزيئات تقوم بخلط إنتقائي لأيونات معادن معينة في السوائل. تنشر نتائج عمله عام 1967، وتصبح هذه الجزئيات ذات أهمية بعد وقت طويل في تطور تكنولوجيا النانو.

1963 يطور الكيميائي الأمريكي هوارد روجرز (1915 –95) ومساعدوه كيمياء إنتاج الصور الشمسية «الفورية»، يتم العمل في مختبرات شركة بولورويد بقيادة إلكان بلاوت (1919–2006).

1963 يصنع الكيميائي الأمريكي فرانك كوتون (1930 – 2007) أول مركب ذي رابط كيميائي رباعي.

الفيزياء PHYSICS

1964 يتبأ عالم الفيزياء النظرية الإسكتلندي بيتر هغز (1929 –) ومساعدوه بوجود بوزون هغز، وهو جسيم تحت ذري عدده المغزلي صفر وله كتلة.

1964 يصوغ الفيزيائي من إيرلندا الشمالية جون بل (1928–91) نظرية بل التي تحل مسألة التناقض الظاهري بين النظرية النسبية ونظرية الكم.

يتكون البروتون، جسيم تحت ذري يوجد في نوى جميع الذرات، من ثلاثة كواركات (جسيمات أصغر تنبأ ميوري جل مان بوجودها عام 1964). للبروتون كواركين من الفئة المسماة كوارك علوي وكوارك واحد من النوع سفلي، وترتبط مع بعضها من خلال الغلوون (باللون الأحمر). لكل كوارك علوي شحنة تعادل $+^{2}/_{3}$ من شحنة الإلكترون، بينما تساوي شحنة الكوارك السفلي $-^{1}/_{3}$ من شحنة الإلكترون، وبذلك تساوي شحنة البرتون $+1$ من شحنة الإلكترون.



العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1961 يفك عالم الكيمياء الحيوية الأمريكي مارشال نايرنبيرغ (1927 – 2010) أول كودون من الشيفرة الجينية.

1961 يصف، بشكل دقيق، عالم الكيمياء الحيوية الإنجليزي بيتر متشل (1920–92) كيفية تكون الـATP (ثالث فوسفيت الأدينوسين، «ناقل الطاقة») من الـ ADP (ثاني فوسفيت الأدينوسين) في الخلايا. تعرف العملية بالفسفرة الأختزالية.

1961 يضع الجراح الأمريكي جودا فولكمان (1933–2008) فرضية (صحيحة) بوجود مادة أسماها عامل مولد الأوعية الدموية تفرزها الأورام السرطانية لتحفيز نمو الأوعية الدموية وبذلك توفير مصدر دم للورم السرطاني.

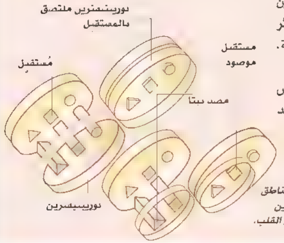
1962 يتوصل عالم المناعة الأسترالي من أصل فرنسي جاك مللر (1931–) إلى تحديد دور الغدة الصعترية في النظام الوقائي للأطفال حديثي الولادة.

1962 يصنع عالم الكيمياء الحيوية الإسكتلندي جيمس بلاك (1924–2010) مصدات بيتا، وهي عقاقير تستخدم لعلاج مرض الخفاق الصدري (مرض الضغط المرتفع).

1962 في كتابها *الربيع الصامت* تقرع عالمة الطبيعيات الأمريكية ريشل كارسون (1907–64) جرس الوعي العام حول أثر مبيدات الحشرات الكيميائية على البيئة.

1962 يطور عالم الجراثيم الأمريكي توماس ويلر (1915–2008) لقاحاً ضد الحصبة الألمانية.

1964 استحداث نظم تنقية الدم (غسيل الكلي) المنزلية في بريطانيا والولايات المتحدة.



تقوم عقاقير مصدات (حاسات) بيتا بصد مستقبلات بيتا (مناطق صغيرة على جدران خلايا معينة في القلب) ومنع نوريبنيفرين الطبيعي، الذي يؤدي إلى ارتفاع ضغط الدم، من الوصول إلى القلب.

اكتشاف الفضاء SPACE EXPLORATION

1960 يطلق الاتحاد السوفيتي التابع الصنعي *سبوتنك 5* وعلى متنه الكلبان بلكا والكلب سترلكا. تدوم الرحلة 24 ساعة يعود التابع وركابه بعدها سالمين إلى الأرض.

1960 تطلق وكالة الفضاء والطيران الأمريكية (ناسا) المسبار الفضائي *بايونير 5* بهدف دراسة الرياح الشمسية.

1960 تطلق ناسا أول تابع صنعي لجمع المعلومات المتعلقة بالطقس يسمى التابع *تايروس 1*.

1961 يصبح رائد الفضاء السوفيتي يوري غاغارين (1934–68) أول ملاح فضائي، وتدوم رحلته 108 دقائق على متن سفينة الفضاء *فوستوك* (تعني المفردة «الشرق»). تحط السفينة على الأرض بأمان باستخدام الباراشوت.

1961 يقوم رائد الفضاء الأمريكي آلان شبرد (1923–98) بالدوران حول الأرض على متن المركبة *فريدوم7*.

1961 ينطلق المسبار السوفيتي *فينيرا 1* في رحلته إلى كوكب الزهرة.

1962 يصبح رائد الفضاء الأمريكي جون غلن (1921–) أول إنسان يُتم ثلاث دورات حول الأرض. تتم الرحلة على المركبة *فريدوم7* (كجزء من برنامج ميركري الفضائي).

1962 يحلق المسبار الأمريكي *مارينر 2* فوق سطح كوكب الزهرة.

1962 تدشين تابع الاتصالات الأمريكي *تلستار 1* (شركة بل / ناسا) للبث التلفازي الحي بين الولايات المتحدة وأوروبا.

1963 تصبح رائدة الفضاء السوفيتية فالنتينا تيريشكوفا (1937 –) أول إمرأة تقوم برحلة في الفضاء في رحلة أكملت فيها 48 دورة حول الأرض على متن سفينة الفضاء *فوستوك 6*.

1964 يلتقط مسبار القمر الفضائي *رينجر7* 4,000 صورة فيديو عالية النوعية لسطح القمر قبل سقوطه وتحطمه على سطح القمر.

1964 ينجح مسبار ناسا الفضائي *مارينر 4* في التحليق فوق كوكب المريخ لأول مرة ملتقطاً صوراً لسطحه تبث إلى الأرض.

1964 تدشين ناسا برنامج جيميني الفضائي ويتضمن إطلاق 12 مركبة فضائية (حملت عشر رحلات من البرنامج طاقماً مكونا من إثنين لكل منها واستخدمت في هذه الرحلات صواريخ *تيتان 2*).

المواصلات والهندسة TRANSPORTATION AND ENGINEERING

1960 تقوم غواصة الأعماق *تريستا* التابعة للبحرية الأمريكية بالغوص مسافة 35,810 أقدام (10,916م) عبر أخدود ماريناز بالمحيط الهادئ. يتكون طاقم الغوص من المكتشف السويسري جاك بكارد (1922 – 2008) وضابط البحرية الأمريكي (دونالد وولتش (1931 –).

1960 تقوم الغواصة النووية الأمريكية *تريتون* برحلة حول الكرة الأرضية غوصاً.

1961 يرتفع منطاد البحرية الأمريكية مختبر *ستراتو 5* بالتحليق على علو 113,740 قدماً (34,667 م) مسجلاً بذلك ارتفاعاً قياسياً للمناطيد الهوائية. يتكون طاقم المنطاد من مالكولم روس وفكتور براثر (1923–61).



انتهى تشييد جسر ونفق خليج تشسبيك عام 1964. وتم افتتاحه تخليداً لذكرى وليام بريستون لين الابن، احد حكام ولاية ميرلاند.

التكنولوجيا والاختراعات TECHNOLOGY AND INVENTION

1960 تسوق شركة التجهيزات الرقمية الأمريكية حاسوب PDP-1 الذي يعتبر مقدمة الحواسيب الصغيرة. تتصل بالحاسوب لوحة مفاتيح وشاشة عرض تلفازية.

1960 تسوق شركة التجهيزات المكتبية اليابانية أولى أنواع الأقلام ذات الرؤوس الملبدة. (أقلام الكرايون وكذلك الأقلام ذات الرؤوس الشعرية العريضة).

1960 يبتكر الفيزيائي الأمريكي ثيودور إتش. ميمان (1927–2007) ليزر الياقوت، أول ليزر عامل.

1960 تفويض تشييد أول مفاعل نووي يعمل بالماء المضغوط وبلب مصنوع من نظير اليورانيوم –235 في الولايات المتحدة. يحفظ ماء التبريد تحت ضغط مرتفع لمنع وصوله إلى درجة الغليان.

1960 يطور الفيزيائي الإنجليزي تشارلز أووتلي (1904–96) ومساعدوه مجهر المسح الإلكتروني.

1961 ربط شبكة كهرباء إنجلترا مع شبكة كهرباء فرنسا بواسطة كابل تحت القنال الإنجليزية بفرق جهد يساوي 200,000 فولت. يهدف الربط إلى «مشاركة» الطرفين للطاقة الكهربائية خلال فترات الاستهلاك الأدنى.

1961 تنتج شركة تكساس إنسترومنتس الأمريكية أولى إشابات السيليكون (لاستخدامها في الحواسيب).

1961 تسوق شركة IBM طابعة «غولف بول» التي تحتوي على خرطوش ثابت وحروف طباعة متحركة على كرة دوارة تتابع الطباعة عبر الورقة.

1962 استخدام أول روبوت (إنسان آلي) على خط إنتاج السيارات في شركة جي أم. الأمريكية. الروبوت من تصميم المهندس الأمريكي جورج ديفول (1912 – 2011) (تم تسجيل براءة الاختراع قبل سنة من بدء الإنتاج).

1962 يبتكر مهندس الإلكترونيات الأمريكي نك هولونياك الابن (1928 –) من شركة جنرال إلكتريك للكهرباء الدايوود الباعث للضوء (LED).

1962 تسويق أولى الحاويات المعدنية ذات الأغطية القابلة للفتح بسحب حلقة متصلة بها. الحاوية من تصميم المهندس الأمريكي أرمال فريز (1913–89).

انظر أيضاً الحواسيب الأولى **8:** 44-45؛ الليزر **9:** 28-29؛ مسابير الكواكب **9:** 34-35؛ أشباه الموصلات **9:** 36-37

اكتشاف الفضاء
SPACE EXPLORATION

بدأ غزو الإنسان للفضاء في أبريل عام 1961 بدوران رائد الفضاء الروسي يوري غاغارين (يشاهد في اليسار) دورة واحدة حول الأرض على متن مركبة الفضاء *فوستوك*. دخل غاغارين التاريخ باعتباره أول إنسان عاش بضع دقائق في ظل ظروف انعدام الوزن. كان غاغارين طياراً يقوم بتجربة الطائرات، وقتل بعد سبع سنوات خلال رحلة تجريبية له بطائرة نفاثة جديدة. أما جون غلن فهو أول رائد فضاء أمريكي دار حول الأرض، وقام برحلته عام 1962 على متن سفينة الفضاء *فريندشب 7* ضمن برنامج ميركري، دار خلالها ثلاث دورات حول الأرض واستغرقت رحلته خمس ساعات. تبعت ذلك ثلاث رحلات لمركبات ضمن برنامج ميركري أطولها آخر رحلة عام 1963 قام بها رائد الفضاء غوردون كوبر (1927-2004) عام 1963. أصبح جون غلن أكبر رواد الفضاء عمرا ببقائه في الفضاء تسعة أيام على متن المكوك الفضائي ديسكفري وهو في السابعة والسبعين من العمر عام 1998.





المواصلات والهندسة
TRANSPORTATION AND ENGINEERING

1962 الانتهاء من تشييد جسر بندورف على نهر الرين في ألمانيا. يبلغ طول الجسر 673 قدما (202 م) وصمم باستخدام كوابل مزدوجة من الإسمنت المسلح. صمم الجسر المهندس الألماني أولرخ فنسترولدر (1897–1988).

1964 الانتهاء من تشييد نفق خليج تشسبيك بإشراف المهندس الأمريكي بيرسي متشنر (1904–96).

1964 تسوق شركة أن أس يو اليابانية سيارة السبايدر، وهي أولى السيارات التي تستخدم محركات وانكل وتُنتج على نطاق تجاري.

1964 افتتاح خط قطار توكايدو شنكانسن في اليابان. يربط الخط بين مدينتي طوكيو وأوساكا بالقطارات المسماة بالرصاصة التي تبلغ سرعتها 100 ميل في الساعة (160كم/ ساعة).

1964 افتتاح جسر فيرازانو – ناروز الذي يربط بروكلين بستاتن آيلند في نيويورك. عُد الجسر أطول جسر معلق في تلك الأيام إذ يبلغ طوله 4,260 قدما (1,298 م).

التكنولوجيا والاختراعات
TECHNOLOGY AND INVENTION

1962 استحداث النظام المعياري لشيفرات تبادل المعلومات (ASCII) في الولايات المتحدة يحتوي النظام على 7 بت من 128 رمزا، تتبنى دول العالم النظام بعد سنتين.

1962 يبتكر مهندس الإلكترونيات الأمريكي بول ويمر من شركة RCA ترانزستور الفلم الشفاف ويعتبر إسهاما مهما في دارات الحالة الصلبة.

1963 تستحدث الكيميائية ليزلي فيلبس من شركة كورتولدز البريطانية طريقة لتصنيع الألياف الكربونية.

1963 تنتج شركة فيلبس الهولندية خراطيش أشرطة تسجيل الصوت.

1963 يبتكر المهندس الأمريكي جنوب إفريقي الأصل آلان كورماك (1924–98) جهاز المسح الطبقي بالأشعة السينية المعروف بجهاز سكان، وتشير المفردة إلى المسح الحاسوبي طبقة بعد أخرى.

1964 يبتكر المبرمجان الأمريكيان جون كمني (1926–92) وتوماس كيرتس (1928–) لغة البيسك للحاسوب (شيفرة التعليمات الابتدائية لجميع الأغراض).

1964 يصمم مهندس الحواسيب الأمريكي سيمور كري (1952–96) أول حاسوب فائق على المستوى التجاري.

1964 يبتكر المهندس الأمريكي روبرت موغ (1934–2005) صانع موسيقا إلكتروني.

1964 ظهور أول تابع للاتصالات على مستوى الكرة الأرضية وذلك بإنشاء الإنتلسات (مجموعة الاتصالات العالمية عبر التوابع الصنعية).



صانع الأنغام من ابتكار موغ كما يعرضه في الصورة الملحن / قائد الفرقة الموسيقية جيرشون كنغسلي.

المِقاريب (التلسكوبات) الراديوية
RADIO TELESCOPES

يعتبر مهندس الراديو الأمريكي كارل يانسكي (1905 - 50) أول من اكتشف الموجات الراديوية القادمة إلينا من الفضاء الخارجي وذلك عام 1931. استخدم يانسكي لهذا الغرض هوائيا منزلي الصنع من الخشب والأسلاك فيما يشبه هوائيات الاستقبال المستخدمة أيامها. وبعد ست سنوات شيّد مهندس أمريكي آخر مقراباً راديوياً قابلاً للتوجيه وبدأ بذلك البحث عن الاشارات الراديوية في السموات.



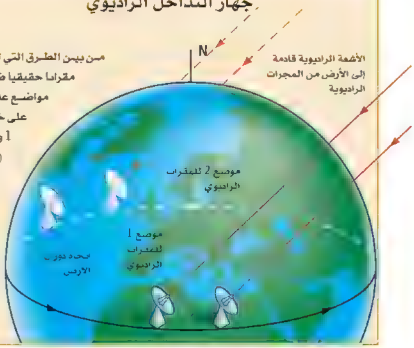
▲ كان المقراب الراديوي في جوردل بانك بإنجلترا، الذي تم تشييده عام 1957، أكبر مقراب ذا هوائي على هيئة صحن قابل للتوجيه أيامها. وبواسطة محركات كهربائية قوية كان بإمكان المقراب إلغاء تأثير حركة الأرض مما يمكنه من متابعة أي كوكب أو نجم أو تابع صنعي آليا.

شيّد المهندس الأمريكي غروت ريبير (1911–2002) عام 1937 مقرابا راديويا في الفناء الخلفي لمنزله ليصبح بذلك أول علماء الفلك الراديوي. احتوى المقراب هوائياً على شكل صحن (يعرف تقانيا بالقطع المكافىء) يبلغ قطره 31 قدما (9.4م) ويمكنه استقبال موجات بطول يساوي 1.9 مترا. ونظراً لأن طول موجة الموجات الراديوية أكبر كثيراً من طول موجات الضوء المرئي يستدعي الحصول على قوة تمييز مماثلة للصور تشييد المقاريب الراديوية بأحجام أكبر كثيراً من حجم مرايا المقاريب العاكسة. بحلول عام 1942 نجح ريبير في رسم خارطة راديوية للكون باستخدام موجات ذات طول أقصر يقارب 60 سنتيمترا.

التقط العلماء البريطانيون عام 1946 مصدر إشعاع راديوي عالي الشدة متغيرتها في الحشد النجمي الدجاجة، وأطلقوا عن المصدر اسم الدجاجة A. بحلول هذا العصر إمتلك الفلكيون تقانة التعامل مع التجهيزات الراديوية الصُغرية التي طورت لاستخدامها في الرادارات خلال الحرب العالمية الثانية، لكن المعضلة كمنت في الحاجة الى تطوير مقاريب أعلى قدرة لدراسة الموجات الراديوية التي تبثها المجرات. لهذا الغرض شيّد الفلكي الإنجليزي مارتن رايل (1918–84) عام 1948 جهاز تداخل راديوي (باستخدام مقرابين راديويين على مسافة كبيرة عن بعضهما)، والذي نجح باستخدامه بالتقاط مئات المصادر الراديوية في الفضاء، بما في ذلك الدجاجة A. استمر رايل في تشييد أجهزة تداخل أكبر لينجح عام 1955 في تشييد نموذج استخدم فيه أربعة هوائيات منفصلة.

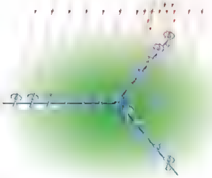
كما شُيد أول مقراب راديوي بهوائي واحد ضخم عام 1957، وذلك تحت إدارة عالم الفلك الراديوي الإنجليزي بيرنارد لوفيل (1913–2012) من جامعة مانتشستر في منطقة جوردل بانك. بلغ قطر صحن مقراب لوفيل 250 قدما (76.2م) ونال شهرة واسعة بتعقبه مسار أول تابع صنعي سوفيتي، *سبوتنك 1*. وعلى إثر هذا النجاح تتابع تشييد مقاريب راديوية ضخمة قابلة للتوجيه بما في ذلك مقراب باركس الراديوي (209 أقدام / 64 م) في أستراليا الذي دشن عام 1961 ومقراب إيفلزبيرغ في ألمانيا الذي بلغ قطر صحنه 328 قدما (100 م) ومقراب غرين بانك في فرجينيا. كما انتهت جامعة كورنل من تشييد أضخم مقراب راديوي من هذا النوع في موقع منخفض من الأرض بمدينة آريسيبو شمالي غرب بورتو ريكو. تكوّن مقراب جامعة كورنل من شبكة من الألمنيوم على شكل صحن يبلغ قطره 1,000 قدم (305 م) يتدلي باتجاه مركزه مستقبِل للأشعة

جهاز التداخل الراديوي



من بين الطرق التي لجأ اليها علماء الفلك الراديوي للحصول على تأثير يكافؤ مقرابا حقيقيا ضخما الاستعانة بحركة الأرض الدورانية حول محورها لتغيير مواضع عددٍ من المقاريب الراديوية الصغيرة. فالقراءتان المسجلتان على خط الاستواء خلال فاصل زمني يعادل 12 ساعة (الموضعان 1 و2) تكافئان قراءة مقراب ضخم يبلغ قطر صحنة 7،930 ميلا (12,760 كم) – قطر الأرض. ويتم بعد ذلك دمج القراءتين بواسطة حاسوب. وبذلك يتمكن الفلكيون باستخدام هذه التقانة من دراسة تركيب المجرات الراديوية، التي تبث موجات راديوية من نتوءين موجودين على أحد طرفي المجرة نفسها. وتمتد بعض هذه النتوءات مسافة 16 مليون سنة ضوئية، أي مايقارب حجم تجمع للمجرات «العادية» من مثل مجرة درب التبانة. وبذلك تعتبر المجرات الراديوية من أكبر التركيبات الكونية المعروفة.





▲ تبين الصورة الرئيسة جزءاً من نظام المصفوفات الكبيرة جدا (VLA) من المقاريب منصوبة على سهول سانت أوغستين بمدينة سوكورو بولاية نيومكسيكو. كما يبين الرسم التخطيطي أعلاه كيفية حركة المقاريب على امتداد سكة حديدية على هيئة الحرف Y.

تواريخ مفصلية

- **1931** يانسكي يلتقط أول إشارة راديوية من الفضاء.
- **1937** يشيّد ريبر أول مقراب راديوي قابل للتوجيه.
- **1955** يشيد رايل جهاز تداخل راديوي.
- **1957** تدشين المقراب الراديوي في جودريل بانك.
- **1963** إكتمال تشييد المقراب الراديوي في آريسيبو.
- **1980** نظام المصفوفات الكبيرة جدا في ولاية نيومكسيكو.

الراديوية. دشن المقراب عام 1963 وتم تحديثه عامي 1974 و 1997.

لكن قدره التمييز محدودة حتى لمثل هذه الصحون الضخمة، ولذلك عاد الفلكيون إلى الاستعانة بمبدأ التداخل للحصول على معلومات تفصيلية أكثر دقة. ونحو هذا الهدف ثبت الفلكيون مقرابين راديويين أو أكثر على متن عربات سكة حديد لتسهيل عملية تغيير المسافة بين هذه المقاريب. وبواسطة كوابل للاتصالات يتم نقل الإشارات التي تلتقطها المقاريب إلى حاسوب يقوم بتحليلها ورسم النتائج على شاشة عرض (كما يقوم الحاسوب بالتحكم باتجاه المقاريب وهي مسألة مهمة للغاية في حالات الطقس الرديء). يستخدم الباحثون في علم الفلك الراديوي عدداً صغيراً من المقاريب التي تبعد عن بعضها مسافات كبيرة لتحليل المعلومات في إطار تقانة تعرف بتقانة المصفوفات الكبيرة جدا (VLA). أتم مرصد الفلك الراديوي الوطني عام 1980 نظام مصفوفات على مقربة من مدينة سوكورو بولاية نيومكسيكو والذي ضم 27 هوائياً على شكل الحرف Y أمتدت مواضعها على مسافة 19 ميلا (32 كم). ويكافئ هذا النظام (من ناحية قدرة التمييز) صحناً واحداً قطره 22 ميلاً (32 كم). بالإضافة إلى ذلك تم عام 1933 إنشاء نظام مصفوفات آخر سُمي نظام قواعد المصفوفات الطويلة جداً (VLBA) إحتوى على عشرة مقاريب راديوية امتدت مواقعها عبر الولايات المتحدة والمناطق التابعة لها من جزر فيرجن آيلند إلى هاواي. ويتم تغذية مركز النظام في سوكورو بالمعلومات التي تلتقطها المقاريب العشرة. وبهذه الكيفية تحول هوائي ريبر الأصلي ذو القطر البالغ 31 قدماً (9.6 م) إلى مقراب راديوي هائل بما يعادل صحناً يمتد قطره إلى آلاف الأميال وبقدرة تمييز عالية تمكنه الوصول إلى أبعد نقطة في الكون.

علم الفلك ASTRONOMY

1965 يكتشف الفلكيان اليابانيان أكيا كاورو (1926-) وسيكي تسوتومو (1930-)، كلّ على حدة، المذنب البراق العابر لقرص الشمس أكيا-سيكي. ينشطر المذنب إلى ثلاثة أجزاء خلال عبوره قرص الشمس. (المترجم: تاريخ ولادة أكيا كاورو هو 1943، وليس 1926)

1966 يرصد الفلكي الفرنسي أودين دولفو (1924-2010) قمر جانوس، وهو أحد الأقمار الداخلية لكوكب زحل، وتأكد وجوده عام 1980 من خلال الصور التي أرسلتها مركبة الفضاء فويجر *1*.

يعتقد الفلكيون أن النحوم النابضة (بلسار) أجرام صغيرة، على المستوى الفلكي، لايزيد قطر الواحد منها عن 12.4 ميلا (20 كم). تتكون هذه النجوم من مادة منحلة سريعة الدوران حول محورها (نوع من النجوم النيوترونية)، كما أن محورها المغناطيسي غر منطبق على محور دورانها حول نفسها. ونتيحة لدلك تصدر «ومضات» موجية راديوية من هذه النجوم وتخفت – فيما يشبه الضوء الصادر من الفنارات – مع دوران البلسارات. يتراوح الزمن الدوري للنبضات مابين بضع ميللي ثانية (جزء من ألف من الثانية) إلى خمس ثوان، لكن الزمن الدوري لغالبيتها في حدود ثانية واحدة. يزيد عمر غالبية البلسارات عن مليون سنة ويعتقد بأنها تكونت نتيحة انفحار مستعرات فائقة عظمى. وقد تم اكتشاف أكثر من 1,000 نحمٍ نابض منذ اكتشافَ جوسلين بل و أنتوني هيووش أولها عام 1967.



الكيمياء CHEMISTRY

1966 يطور عالم الجينات الأمريكي ريتشارد ليونتن (1929 -) تقانة الاستشراد الهلامي الكهربائي لفصل البروتينات (وهي تقانة تستخدم على نطاق واسع اليوم في تحديد البصمات الوراثية).

الفيزياء PHYSICS

1965 يستحدث الفيزيائيان الأمريكيان مو - يونغ هان (1934 -) و يوتشيرو نامبو (1921 -) مفهوم «اللون» كطريقة لتصنيف إحدى خصائص الجسيمات تحت الذرية حديثة الاكتشاف المعروفة بالكوراكات.

1966 الانتهاء من تشييد المفاعل الخطي عالي القدرة في مركز ستانفورد للمعجلات الخطية (سلاك).

1966 تعلن هيئة الطاقة الذرية الأمريكية عن اختيارها منطقة ويستون بولاية إلينوي موقعا لمختبرات المعجل الوطني الذي يضم معجل جسيمات بطاقة 200 جيجا إلكترون فولت (GeV).

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1965 يكتشف عالم الفيزياء الحيوية الإنجليزي فرانسس كرك (1916 - 2004) وعالم المايكروبيولوجيا البريطاني من أصل جنوب أفريقي سيدني برينر (1927 -) الكودونات التي تبعث شيفرة «التوقف» في جزيئات الـ DNA (الحمض الديوكس الريبونووي). وتقوم كودونات الحد هذه بإكمال عملية بناء البروتينات.

1965 يتوصل عالم الجينات الأمريكي تشارلز يانوفسكي (1925 -) ومساعدوه إلى معرفة أن تسلسل الكودونات في الجينات يؤدي إلى تسلسل الأحماض الأمينية في البروتين.

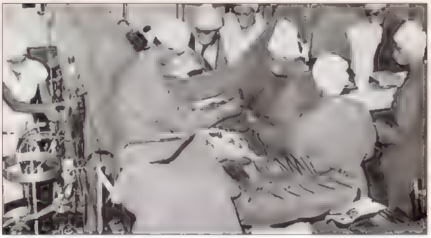
1967 يستخدم عالم الكيمياء الحيوية الأمريكي **آرثر كورنبيرغ** (1918-2007) متعدد ميرسات (بولي ميرسات) جزيئات الـ DNA في تركيب DNA اصطناعي فعال. متعدد ميرسات DNA هو الأنزيم الذي يجمع النيكليوتيدات.

1967 يجري الجراح جنوب إفريقي **كريستيان بارنارد** (1922-2001) أول عملية ناجحة لزراعة القلب. يعيش المريض بقلبه الجديد مدة 18 يوما.

1967 يجري الجراح الأرجنتيني الأصل رينيه فافالورو (1923-2000) عملية ناجحة لتحويل مجرى الدم في قلب مريض (استبدال الشرايين بعملية القلب المفتوح).

1967 يستحدث الطبيب الأمريكي اليوناني الأصل جورج كوتزايس (1918-77) استخدام عقار L- دوبا لعلاج مرض الرعاش اللاإرادي (الباركنسون).

1968 يجري الجراح جنوب أفريقي **كريستيان بارنارد** (1922-2001) ثاني عملية لزراعة القلب.



اجريت أول عملية لزراعة القلب في بدايات عام 1967 في مستشفى غروت شور في مدينة كيب تاون في جنوب إفريقيا.

انظر أيضا الانشطار النووي **8:** 40-41؛ الحمض الديوكسي الريبو نووي (DNA) – الحلزون المزدوج **9:** 10-11؛ الموصلات الفائقة **10:** 22-23؛ مشروع الجينوم البشري **10:** 40-41

علم الفلك ASTRONOMY

1967 يكتشف الفلكيان الأمريكيان إريك بكلن (1940 –) وجيري نيوجباور (1932–) الجرم السماوي بكلن – نيوجباور، وهو جرم سماوي يقع في سديم الجبار ويتميز بقوة الإشعاعات تحت الحمراء الصادرة منه. ويعتبر أول نجم يتم اكتشافه باستخدام تقانات علم فلك الأشعة تحت الحمراء.

1967 ترصد الفلكية من إيرلندا الشمالية **جوسلين بل بورنل** (1943 –) والفلكي الإنجليزي أنتوني هيووش (1924 –) أول نجم نابض (بلسار).

1967 يرصد الفلكي الإنجليزي جورج ألكوك (1912–2000) مستعرا شديد اللمعان ويطلق عليه اسم مستعر الدلفين على مسمى الحشد النجمي الذي يقع ضمنه.

1967 يضع عالم الكونيات الأمريكي من أصل نمساوي توماس غولد (1920–2004) نظرية مفادها أن النجوم النابضة نجوم نيوترونية تدور بسرعات عالية. يُعتقد بصحة النظرية على نطاق واسع.

1969 يطرح عالم الفيزياء الفلكية الإنجليزي دونالد لايندن – بل (1935 –) فرضية وجود ثقوب سوداء فائقة الكتلة في مراكز المجرات.



انطباع الفنان (الرسام) للثقب الأسود الذي لا يمكن حتى للضوء الإفلات من قبضته.

الكيمياء CHEMISTRY

1969 يضع الكيميائيان الأمريكي **روبرت وودورد** (1917–79) والأمريكي من أصل بولندي **رولد هوفمان** (1937–) قواعد وودورد– هوفمان المتعلقة بآلية تكون بعض المركبات الكيميائية في التفاعلات العضوية.

1969 تستخدم الكيميائية الإنجليزية **دورثي هودجكن** (1910–94) التصوير البلوري بالأشعة السينية والحاسوب لتحديد التركيب الكيميائي للأنسولين.

1969 يتوصل عالم الكيمياء الحيوية الأمريكي جيرالد إدلمان (1929 –) إلى كشف سلاسل الأحماض الأمينية في جزيء إميونوغلوبيولين .

الفيزياء PHYSICS

1967 يطرح كلٌ من الفيزيائي الأمريكي ستيفن وأينبيرغ (1933–) والفيزيائي الباكستاني عبد السلام (1926–96) نموذجين لنظرية القوة الكهروضعيفة كأساسٍ لتوحيد القوتين الكهرومغناطيسية والنووية الضعيفة. يتم طرح النموذجين للفيزيائيين بشكلٍ مستقلٍ عن بعضهما.

1967 يصنع الفيزيائي الألماني بيرند ماثيوس (1918–80) ومساعدوه سبيكة ذات موصلية فائقة عند درجة حرارة 20 كلفن، وهي أعلى درجة حرارة تعمل عندها الموصلات الفائقة حينها.

1967 الترخيص لبناء المختبر الوطني للمعجلات في باتافيا (ويستون سابقا) بولاية إلينوي وتعيين عالم الفيزياء النووية الأمريكي روبرت ولسون (1914–2000) أول مدير له.

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1968 يتوصل عالم الفيزياء الحيوية السويسري فيرنر آربر (1929 –) إلى عزل الأنزيم القاطع لجزيئات الـ DNA للفيروسات التي تعدي البكتيريا. تسمى هذه الأنزيمات بالأنزيمات المقيدة وتحظى بأهمية في تجارب الهندسة الوراثية لاحقا.

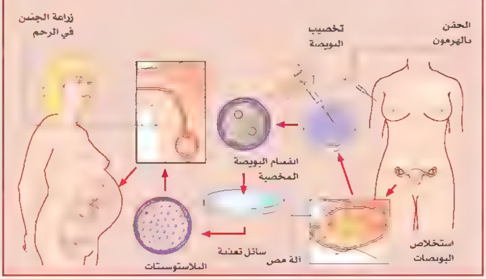
1968 يجري الطبيب الأمريكي نورمان شوموي (1923–2006) أول عملية زراعة قلب في الولايات المتحدة.

1969 يقوم كلٌ من عالم الفيسولوجيا الإنجليزي روبرت إدوارد (1925 –) وطبيب الولادة وأمراض النساء الأنجليزي باتريك ستبتو (1913–88) بأول عملية تخصيب لبويضة بشرية في أنبوب اختبار (خارج الرحم).

1969 يتوصل عالم الجينات الأمريكي جوناثان بكويث (1935–) ومساعدوه إلى عزل جين مفرد، lacz.

1969 يشير تقرير في الولايات المتحدة إلى وجود علاقة بين السايكلاميت (السكر الاصطناعي أو السكرين) والإصابة بمرض السرطان مما يؤدي إلى منع استخدامه كمادة تحلية اصطناعية، ويسري القانون بعد سنة من صدور التقرير.

عند عدم تمكن المرأة من الإنحاب يقترح الأطباء تلقيح البويضة خارج الرحم في أنبوب اختيار. ولهذا السبب عرف الأطفال الذين يولدون باستخدام هذه التقانة «بأطفال الأنابيب». يقوم الطبيب في البداية بحقن المريضة بهرمون يحفز إنتاج البويضات التي يقوم الطبيب باستخلاصها من المبيض مستخدما إداة مص. يتلو ذلك تلقيح البويضات بالسائل المنوي للزوج. توضع البويضات الملقحة في سائل تغذية حتى تنقسم مرات عدة مكونة كرة من الخلايا تسمى البلاستوسيتات. يتم زراعة الجنين الأولي في رحم الأم لينمو بعد ذلك إلى طفل طبقا للطريقة الطبيعية لذلك. وعلى الرغم من أن تقانة وضع البويضات في أنبوب الاختبار إكتملت عام 1969، فقد ولد أول طفل أنبوب عام 1978.



1965 - 1969 ميلادي

اكتشاف الفضاء SPACE EXPLORATION

1965 تحقق وكالة الطيران والفضاء الوطنية (ناسا) عدداً من النجاحات: يبث المكوك *رينجر8*، أكثر من 7,000 صورة قبل سقوطه واصطدامه بسطح القمر؛ تكمل المركبة *بايونير 6* دورة حول الشمس وتبعث البيانات إلى الأرض. كما تلتحم مركبتان من نوع جيمني في مداريهما حول الأرض. وتقوم مركبة *زوند3* السوفيتية ببث صور للجانب البعيد من القمر.

1965 يصبح رائد الفضاء السوفييتي ألكسي ليونوف (1934 -) أول إنسان يسير (يسبح) في الفضاء (وهو مشدود بحبال إلى مركبته) ويبقى ليونوف خارج كبسوله الفضاء *فوسخود 2* لمدة 12 دقيقة.



تصور فنان (رسام) لكيفية سير رائد الفضاء السوفييتي الكسي ليونوف في الفضاء عام 1965.

1965 تطلق ناسا أول تابع صنعي تجاري للاتصالات، يسمى التابع *إيرلي بيرد* (يغير اسمه فيما بعد إلى *أنتلسات1*).

1966 تنجز مركبة الفضاء السوفيتية *لونا 9* أول هبوط آمن على سطح القمر. كما تصبح *لونا 10* خلال السنة نفسها أول تابع صنعي يأخذ مداره حول القمر. وتسقط المركبة السوفييتية *فيرنا 3* على سطح كوكب الزهرة وتتحطم.

1966 يهبط مسبار ناسا *سيرفير 1* بأمان على سطح القمر ويبعث أكثر من 11,000 صورة. كما يرسل المساران *لونار أوربتر 1* و *لونار أوربتر 2* صوراً للجانب البعيد من سطح القمر.

المواصلات والهندسة TRANSPORTATION AND ENGINEERING

1965 تقوم الطائرة الحربية النفاثة السوفيتية أنتونوف An-22 بباكورة رحلاتها. تعتبر الطائرة حينها أكبر طائرة نقل عسكرية في العالم.

1965 افتتاح نفق مونت بلانك بين فرنسا وإيطاليا.

1967 إنتاج أول نموذج لطائرة هوكر هاريير المقاتلة GR-1 البريطانية المتميزة بإمكانية إقلاعها وهبوطها عموديا، وتدشن الطائرة أولى رحلاتها.

1967 تدشين الباخرة *الملكة اليزابيث 2* في بريطانيا.

1968 تقوم طائرة غالاكسي C-5 من إنتاج شركة لوكهيد بباكورة رحلاتها في الولايات المتحدة. تعد الطائرة أكبر طائرة تجارية.

1968 قيام الطائرة السوفييتية فوق الصوتية Tu-144 بباكورة رحلاتها. تم تصميم الطائرة من وحي أفكار المصمم الروسي أندريه توبوليف (1808-1972).

1968 تشغيل محطة توليد الكهرباء في السد العالي بأسوان في مصر.

1969 قيام طائرة بوينغ 747 (جامبو) من صنع شركة بوينغ الأمريكية بأولى رحلاتها. الطائرة النفاثة من تصميم جو سترلاند.

1969 قيام طائرة الكونكورد فوق الصوتية بباكورة رحلاتها، الطائرة إنتاج بريطاني فرنسي مشترك.



وقوف ثلاث طائرات الكونكورد فوق الصوتية على مدرج المطار استعدادا للإقلاع في رحلة تجريبية.

التكنولوجيا والاختراعات TECHNOLOGY AND INVENTION

تم أول إقلاع للمقاتلة هوكر هاريير GR مارك 1 «النفاثة القافزة» عام 1967.



1965 تنتج الشركة الأمريكية للتجهيزات الرقمية أول حاسوب صغير.

1965 يصمم مبرمج الحواسيب الأذربيجاني لطفي زاده (1921 -) المنطق الضبابي، وهو نوع من المحاكمة العقلية يسمح باستخدام أنصاف الحقائق بهدف استنباط دالة متصلة من الاحتمالات.

1966 تطوير نظام حقن الوقود للسيارات في بريطانيا.

1966 يبتكر مهندس الإلكترونيات الصيني تشارلز كاو (1933-) بالتعاون مع جورج هوكهام من مختبرات الاتصالات الرقية البريطانية كابل الألياف البصرية.

1966 تبتكر المخترعة الأمريكية ستيفاني كولك (1923 -) نوعاً من الألياف الاصطناعية فائقة التحمل يعرف بمسمى كيفلار. ونظرا لأن قوة تحمله تعادل خمسة أضعاف قوة تحمل الفولاذ تستخدم الألياف في صناعات عدة اليوم بما في ذلك كوابل الألياف البصرية وأجزاء من الطائرات والقوارب والسترات الواقية من الرصاص.

اكتشاف الفضاء SPACE EXPLORATION

1967 يقوم مسبار ناسا *مارينر 5* بالمرور على مقربة من كوكب الزهرة. وفي السنة نفسها يقتل ثلاثة من رواد أبولو بسبب إندلاع النيران خلال تجربة على الأرض.

1967 يبث مسبار *فينرا 4* السوفييتي المعلومات حول الغلاف الجوي لكوكب الزهرة خلال عملية دخوله فيه. كما يقتل رائد الفضاء السوفييتي فلاديمير كوماروف (1927 – 67) عند اصطدام مركبته *زويوس 1* بالأرض خلال رحلة العودة.

1968 تضع ناسا مرصداً يستخدم الأشعة فوق البنفسجية على متن التابع الصنعي OAO-2 في مدار حول الأرض.

1968 يدخل المسبار السوفيتي *زوند 5* التاريخ باعتباره أول مسبار فضائي يدور حول القمر ثم يعود إلى الأرض.

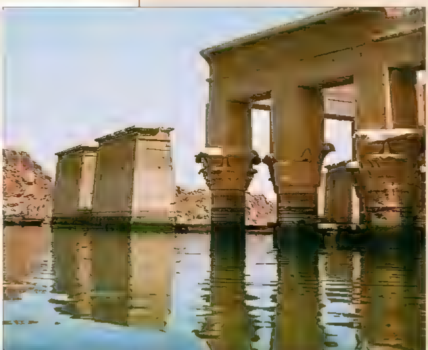
1968 تقوم مركبة الفضاء *أبولو 7* (أول رحلة مأهولة بالبشر) بالدوران حول الأرض 163 مرة، وتقوم المركبة *أبولو 8* بالدوران حول القمر.

1969 تلتحم المركبتان السوفييتيتان *زيوس 4* و*زيوس 5* وتنجح أول عملية نقل طاقم الملاحة بينهما في الفضاء.

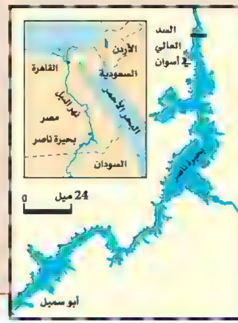
1969 تقوم مركبة ناسا *أبولو 9* بالدوران حول الأرض 151 دورة كما يتم اختبار عملية الهبوط على سطح القمر والإقلاع منه. كما تقوم *أبولو 10* بالدوران حول القمر لتتوج هذه الاختبارات بهبوط *أبولو 11* على سطح القمر كأول مركبة مأهولة تقوم بذلك. يصبح نيل آرمسترونغ (1930 – 2012) أول إنسان تطأ رجله سطح القمر ويلتحق به بوز آلدرن (1930 –) بينما يبقى مايكل كولنز (1930 –) في وحدة التحكم الرئيسة في مدارها حول القمر. وفي وقت لاحق من العام تحط المركبة *أبولو 12* على سطح القمر أيضاً.

المواصلات والهندسة TRANSPORTATION AND ENGINEERING

انتهى تشييد السد العالي في أسوان عام 1970، لكن واجهت القائمين على المشروع معضلة احتمال فيضان السد وغمر وادي أسوان بالمياه مما يعني تدمير الآثار المصرية القديمة الفريدة الواقعة على ضفاف النيل في هذه المنطقة. ولتجنب هذا الاحتمال قامت الحكومة المصرية خلال عامي 1966 و1967 بوضع خطة طموحة لتفكيك المعبدين في أبوسمبل المحفورين في الصخور الرملية منذ حوالي 3,000 سنة للفرعون رمسيس الثاني. تم نقل المعبدين وإعادة تركيبهما في موقع جديد يرتفع 200 قدم (60 م) عن سطح الأرض لتجنب تأثرهما بأي فيضان.



انقذ المعبدان في أبو سمبل من الغرق في مياه بحيرة ناصر، وذلك خلال تشييد السد العالي في أسوان. كلفت العملية 36 مليون دولار وتم التمويل من خلال حملة تبرعات عالمية.



التكنولوجيا والاختراعات TECHNOLOGY AND INVENTION

1966 يصمم مهندس الإلكترونيات الأمريكي ري دولبي (1933 –) نظاماً للتقليل من التشويش في تسجيل الصوتيات يعرف بنظام دولبي (نوع A).

1967 يفجر العلماء الصينيون قنبلة هيدروجينية في لوب نور غرب الصين.

1967 يطور العلماء في مختبرات بل فقاعة الذاكرة لاستخدامها في الحواسيب.

1967 ضخ أول شحنة من الغاز الطبيعي من الآبار تحت بحر الشمال. يتم الضخ في مقاطعة درهام شمالي شرق إنجلترا. ويتم تطوير العديد من حقول الغاز في بحر الشمال على مدى السنوات التالية.

1967 يبدع المهندس الأمريكي جوزيف إنجلبيرجر من شركة جنرال موتورز في إنتاج روبوت (إنسان آلي) صناعي قابل للبرمجة.

1967 غرق ناقلة النفط العملاقة *توري كانيون* قبالة ساحل كورنوول جنوبي غرب إنجلترا وانتشار بقع زيت تؤثر على السواحل. تقوم الطائرات الحربية الملكية بقصف بقايا الباخرة لإشعال الحريق في بقعة الزيت في محاولة للحد من انتشار الزيت.

1967 تسوق الشركة الأمريكية *ريثيون* أول فرن ميكروويف منزلي.

1968 يبتكر المخترع الأمريكي من أصل إيطالي كانديدو جكوزي (1903–83) الحمام الدوامي المعروف باسمه (جكوزي).

1968 يصمم مهندس الحاسوب الأمريكي دوغلاس إنجلبارت (1925 –) فارة الحاسوب (ماوس).

1969 يبتكر مهندسا الإلكترونيات الكندي ويلارد بويل (1924–2011) والأمريكي جورج سميث آلة الشحن المزدوجة (CCD) التي تحل محل أفلام التصوير في العديد من التطبيقات.

1969 تدشين الباخرة النووية *أوتو هان* في ألمانيا الغربية وتبلغ حمولتها 29,000 طن (26,000 طن متري). (سميت الباخرة باسم الكيميائي الألماني الذي أدت أبحاثه إلى اكتشاف ظاهرة الانشطار النووي).

الليزر Lasers

يمكن لشعاع الليزر قطع المعادن بدقة متناهية تفوق قطع المنشار لها، كما يستخدم الليزر في الجراحات الدقيقة للعيون. من ناحية أخرى يستخدم المساحون الليزر لقياس الأبعاد، علاوة على رسم خرائط دقيقة لسطح الأرض باستخدام ليزرات مثبتة على متن الطائرات. بالإضافة إلى ذلك تستخدم بعض طابعات الحواسيب الليزر في الطباعة، وأخيراً لم يكن وجود الأقراص المدمجة (CD) وأجهزة تشغيلها (DVD) ممكناً دون وجود الليزر.



▲ صورة التقطت عام 1960 لثيودور ميمان وهو ينظر إلى أول ليزر في العالم من صنعه. يوضع الجزء الأهم من الجهاز في وعاء زجاجي – بلورة الياقوت التي تبث أشعة الليزر.

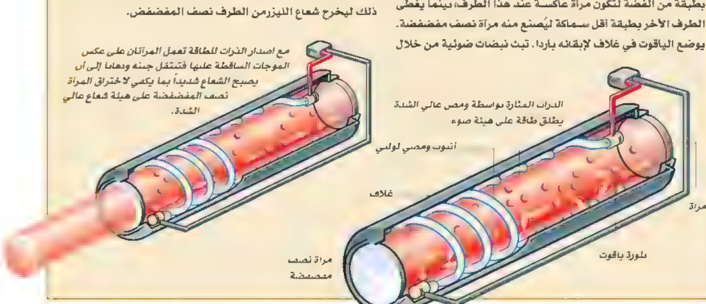
توصل الفيزيائي الأمريكي من أصل ألماني ألبرت آينشتين (1979 – 55) عام 1917 إلى إمكانية تحفيز الذرات والجزئيات لبث الضوء. ورغم أن هذه الظاهرة (الإشعاع المحرض) تمثل مبدأ عمل الليزر، إلا أن اقتراح تصميم جهاز لإنتاج أشعة الليزر لم يتحقق إلا خلال عقد الخمسينيات من القرن العشرين. ففي عام 1952 شرح الفيزيائي الأمريكي تشارلز أتش. تاونز (1915–2015) طريقة لتحفيز جزئيات الأمونيا لإطلاق اشعاع في مدى الميكروويف مستخدماً مبدأ الميزر – تكبير الميكروويف بواسطة الإشعاع المحرض. وكان لدى الفيزيائيان السوفيتيان ألكساندر بروخوروف (1916–2002) ونيكولاي باسوف (1923–2001) الفكرة نفسها، لكن تاونز سبقهما إلى تشييد أول ميزر عام 1953 قبل أن ينشر الاثنان بحثهما عام 1954. وحصل العلماء الثلاثة على جائزة نوبل عام 1964 لهذا الاكتشاف. يستخدم الميزر في الساعات الذرية والمقاريب الراديوية وكذلك لتكبير الإشارات الضعيفة من التوابع الصنعية.

تقع الأشعة الميكروويية ضمن نطاق الإشعاعات الكهرومغناطيسية غير المرئية، ولذلك نشر تاونز وآرثر شاولو (1923–99) عام 1958 بحثاً برهنا فيه الامكانية النظرية لتصنيع جهاز مماثل يصدر أشعة الضوء المرئية، وينتج تكبيراً للأشعة المرئية بواسطة مبدأ الإشعاع المحرض– الليزر. لكن تاونز وشاولو اكتفيا بالجانب النظري للموضوع ليتحقق البناء الفعلي لمثل هذا الجهاز على يد الفيزيائي الأمريكي ثيودور إتش. ميمان (1927–2007) عام 1960.

عند امتصاص مادة ما للطاقة، مثل الطاقة الحرارية، تقفز الذرات أو الجزئيات من مستوى للطاقة إلى مستوى آخر أعلى. (المترجم: الأصح أن يقال أن امتصاص ذرات المادة للطاقة يؤدي إلى انتقال إلكتروناتها من مستوى للطاقة إلى مستوى آخر أعلى). وعند هبوط الإلكترونات عائدة إلى مستواها الأول تتخلص من الطاقة الزائدة على شكل ضوء (المترجم: الأصح على شكل أشعة كهرومغناطيسية بما في ذلك الضوء). في الحالات الاعتيادية يُبث الضوء من كل ذرة أو جزيء بشكل عشوائي ودون الاعتماد على ما تبثه الذرات أو الجزئيات الأخرى، كما أن أطوال موجات الأشعة الصادرة مختلفة. ولكن تعريض المادة لأشعة ذات طول موجة محدد وشدة كبيرة خلال فترة قصيرة التي تكون فيها الذرات أو الجزئيات في المستوى العلوي للطاقة تحفز الذرات المثارة كلها على إطلاق إشعاع طول موجته يساوي طول موجة الأشعة المسلطة عليها. وهذه هي طريقة تحفيز أو تحريض المادة على إطلاق إشعاع معين، كما أن الإشعاع المحرض يساعد على زيادة شدة الإشعاع

ليزر الياقوت

يُصقل طرفا قضيب أسطواني من الياقوت البلوري ويُغطى أحدهما بطبقة من الفضة لتكون مرآة عاكسة عند هذا الطرف، بينما يُغطى الطرف الآخر بطبقة أقل سماكة ليُصنع منه مرآة نصف مفضضة. يوضع الياقوت في غلاف لإبقائه بارداً. تبث نبضات ضوئية من خلال أنبوب لولبي يلتف حول قطعة الياقوت. (يمكن أيضاً وضع مصدر الضوء إلى جانب الياقوت أو إسقاطه عليه بواسطة مرايا عاكسة). تمتص ذرات الياقوت الطاقة من نبضات الضوء ثم تبث الضوء بعد ذلك ليخرج شعاع الليزر من الطرف نصف المفضض.



انظر أيضاً طبيعة الضوء 4: 28-29



◄ تراقب ممرضة العمليات الجراح وهو يستخدم الليزر أثناء عملية جراحية. يُمكن شعاع الليزر الجراح من إحداث شق صغير جداً وبدقة أكبر كثيراً مقارنة بالسكين أو المشرط، وبذلك تقل معاناة المريض.

الصادر. تتمثل الخطوة التالية بتكبير الضوء باستخدام المرايا. تقوم مرآة موضوعة في إحدى نهايتي الجهاز بعكس الأشعة إلى المادة المحرضة مرة أخرى. كما أن مرآة نصف مفضضة مثبتة على الطرف الآخر تعكس بعض الأشعة وتسمح للبقية بالعبور لتكون شعاعاً ليزريا.

يصدر الليزر شعاعا ضيقاً من ضوء متسق (متماسك) ذي طول موجي واحد، أي بلون واحد، وتكون الموجات كلها متسقة مع بعضها (في طور واحد). ويمكن أن يكون الشعاع متصلاً أو على شكل نبضات ذات مدى زمني وجيز.

يمكن استخدام مواد عدة لتحفيزها على إطلاق ضوء متسق. استخدم ميمان في ليزره بلورة ياقوت – بلورة اصطناعية من أكسيد الألمنيوم. تشمل مواد الليزرة الأخرى النيوديميوم وسوائل من بينها أكسيد النيوديميوم أو كلوريد النيوديميوم مذابان في محلول أكسيد كلوريد السيلينيوم، علاوة على استخدام الغازات مثل أول أكسيد الكربون وسيانيد الهيدرجين ومزيج من الهيليوم والنيون. واستمر مزيج الهيليوم والنيون الوسط الليزري الرئيس لحوالي 20 سنة.

ينتشر الضوء الصادر من المصباح اليدوي أو مصابيح السيارات ليضيء مساحات واسعة. لكن شعاع الليزر أكثر تركيزا. فالشعاع الليزري الصادر عن ليزر هيليوم –نيون لا تتعدي زاوية تشتته عن جزء واحد من الألف. كما ان إرسال شعاع ليزر الهيليوم من الجهة الخطأ من المقراب (من ناحية العدسة العينية) يقلل من هذا التشتت الضئيل أصلاً. ولذلك تستخدم الليزرات من هذا النوع لتوجيه الآلات التي تقوم بوضع أنابيب الشبكات المختلفة في أماكنها كما تستخدم في حفر الأنفاق. ويمكن أيضا حفر الثقوب في الألماس بواسطة ليزر الياقوت. عند سقوط شعاع ليزر على سطح ما تمتص ذرات السطح بعض الطاقة فترتفع درجة حرارة المادة. ونظراً لأن أشعة الليزر تنتج كمية كبيرة من الطاقة الحرارية تمتصها مساحة صغيرة للغاية يستخدم الليزر في تشذيب المواد الزائدة في أجزاء الإلكترونيات، بل وحتى في إجراء العمليات الجراحية الدقيقة للشبكية في مؤخرة العين.

علاوة على ذلك تستغل دقة أشعة الليزر لقياس المسافات. عند سقوط نبضة موجية على سطح ما يرتد جزء منها. ونظراً لثبات سرعة الضوء يمكن حساب المسافة بين المصدر والعائق بحساب الزمن الذي تستغرقه النبضة الموجية لقطع مسافتي الذهاب والإياب بعد ارتدادها عن العائق. تُسمى عملية قياس المسافات بهذه الطريقة لايدر (رادار ضوئي). ولهذا الغرض نصب رواد الفضاء الذين هبطوا على سطح القمر بواسطة المركبة *أبولو 11* ومن لحق بهم من الرواد ضمن برنامج أبولو، نصبوا هناك مرايا عاكسة استخدمت لقياس المسافة بين الأرض والقمر. وباستخدام تقانة اللايدر قيست هذه المسافة بدقة تصل إلى بضع بوصات. وإضافة إلى ذلك يستخدم المساحون الليزر لقياس درجة استقامة التضاريس الأرضية وكذلك المسافات بينها.

يستخدم اللايدر أيضاً في قياس سرعة الأجسام المتحركة. عند ابتعاد الجسم المتحرك عن مصدر الشعاع يزيد طول موجة الأشعة المنعكسة عن الجسم مقارنة بطول موجة شعاع المصدر، وبمعنى آخر ينزاح الضوء نحو المدى الأحمر من الطيف. وعندما يتحرك الجسم باتجاه المصدر يتقلص طول الموجة قليلا. أي أن طول موجة الشعاع المنعكس ينزاح نحو الأزرق. وكلما زادت سرعة الجسم المتحرك زاد التغير في طول موجة الشعاع المنعكس.

تواريخ مفصلية

- **1917** يطرح آينشتين مفهوم الإشعاع المحرض.
- **1952** وضع تصور لجهاز الليزر.
- **1958** اقتراح الليزر نظريا.
- **1960** ابتكار ليزر الياقوت على يد ميمان.

علم الفلك ASTRONOMY

1970 تثبيت مقاريب عاكسة في مرصد مونا كي في هاواي (88 بوصة / 2.24 م) ومرصد كت بيك في أريزونا (158 بوصة / 4 م).

1971 يرصد الفلكي الأمريكي إروين شابيرو (1929–) ما يعرف بالمصادر فائقة اللمعان – أجزاء من الكويزرات يبدو ظاهرياً أنها تتباعد عن بعضها بسرعات تفوق سرعة الضوء.

1972 يقدم الفلكي الأسترالي بي. جيه. هاريس (1925–75) أدلة على أن غالبية المصادر الراديوية غير المكتشفة مصادر مدمجة، وذلك باكتشافه أن 60% منها تتلألأ (مثل «تلألؤ» النجوم).

1973 يكتشف الفلكي التشيكي لوبوس كوهوتك (1935–)، عن طريق التصوير، مذنب كوهوتك اللادوري (غير منتظم الزمن الدوري).

1973 يرصد الفلكيون الأمريكيون زخماً من أشعة غاما تصدر من الفضاء الخارجي، وذلك من خلال البيانات التي يوفرها التابع الصنعي *فيلا* الأرض. يلقب أحد هذه المصادر لاحقا «جمنغز» (التي تعني في إحدى اللهجات الميلانية المحلية «غير موجود»).

الكيمياء CHEMISTRY

1971 يصنع عالم الكيمياء الحيوية الأمريكي من أصل صيني تشو هاو لي (1913–87) هرمون النمو البشري.

1974 ينتج الكيميائي الياباني هديكي شيراكاوا (1936–) فلماً مرناً ذا خصائص معدنية، وذلك بإضافته عن طريق الصدفة سائلاً مركزاً من مادة حفازة خلال تصنيعه البوليمرات (المتعددات).

1974 ينشر العالم الأمريكي المكسيكي الأصل ماريو مولينا (1943–) والعالم الأمريكي أف. شيروود رولاند (1927–2012) تحذيراً حول الآثار التدميرية للمواد الكلوروفلوروكربونية (CFCs) على طبقة الأوزون المحيطة بالارض.

الفيزياء PHYSICS

1972 يستحدث عالم الرياضيات الفرنسي رينيه ثوم (1923–2002) النظرية الكارثية التي سرعان ماتجد تطبيقات عدة في الفيزياء وحقول العلوم الأخرى.

1972 بدء تشييد معجل بقدرة 200 غيغا فولت في مختبر المعجلات الوطني في ويستون (باتافيا حاليا) في ولاية إلينوي. يطور المعجل لاحقا لتبلغ قدرته 400 غيغا فولت. ويعاد تسمية المختبر عام 1974 إلى اسم فيرمي لاب (مختبر فيرمي).



يتركز المبيد الحشري دي دي تي في خلايا الحيوانات في قمة السلسلة الغذائية. قدِّ استعماله في الولايات المتحدة لأول مرة عام 1972، ويمنع استخدامه كلياً الآن في غالبية الدول الغربية.

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

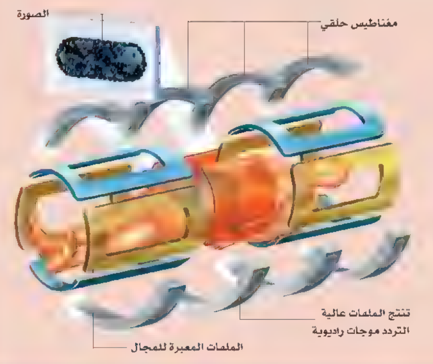
1970 يتوصل عالما البيولوجيا الجزيئية الأمريكيان هوارد تيمن (1934 – 94) وديفيد بلتيمور (1938 –) إلى تحديد الأنزيم الناسخ (ترانزكربتيز)، وهو إنزيم يحول الـ RNA (الحمض النووي الريبوزي) إلى DNA (الحمض الديوكسي ريبو النووي)، ويأخذ الإنزيم فيما بعد أهمية كبيرة في الهندسة الوراثية.

1971 يصنع الكيميائيان الأمريكيان روبرت وودوورد (1917–79) والبرت إشنموزر (1925–) السيانوكوبالامين (فيتامين B_{12}).

1972 تقيد السلطات الأمريكية استخدام الـ DDT كمبيد حشري نظرا لتأثيره على البيئة وأحيائها.

1970 يكتشف عالم الأحافير الأمريكي إدوين كولبيرت (1905–2001) في الأنتاركتيكا أحافير *لاستروسورسوس* (زاحف من زواحف ما قبل التاريخ وجدت آثاره في الهند وأفريقيا أيضا)، مبرهنا بذلك نظرية الانجراف القاري (على اعتبار أن الكتل الأرضية كلها كانت يوماً ما قطعة متصلة واحدة).

طُورت تقانة التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI) بداية من عام 1973، وتستخدم كتقانة غير تدخلية في التشخيص الطبي. تستخدم التقانة ظاهرة الرنين المغناطيسي النووي لإنتاج صور بأبعاد ثلاثية بواسطة الحاسوب «صور مقطعية» من الجسم لكشف الحجاب عن الدماغ والعمود الفقري وكذلك الخلايا الطرية التي لايمكن رؤيتها باستخدام الأشعة السينية. يؤدي الماسح المغناطيسي القوي إلى ترتيب ذرات الهيدروجين في الجسم في اتجاه واحد. وبتطبيق نبضة موجية راديوية ذات تردد عال تعدل النويات إتجاهها (المترجم: إتجاه حركتها المغزلية)، وتصدر بعد ذلك إشارات راديوية ضعيفة خلال عملية ترتيب نفسها مع اتجاه المجال المغناطيسي. تقوم ملفات بتغيير شدة المجال المغناطيسي واتجاهه بحسب ما تتطلبه الحالة. يقوم حاسوب بترجمة الإشارات الراديوية إلى صورة ثلاثية الأبعاد تمكن الطبيب الممارس من دراستها.



انظر أيضاً البراهين الأحفورية **5:** 28-29؛ المقاريب الراديوية **9:** 22-23؛ استنساخ الحيوانات **10:** 32-33؛ ظاهرة البيت الزجاجي (الدفيئة) والاحترار العالمي **10:** 36-37

علم الفلك ASTRONOMY

1974 يرصد عالما الفيزياء الفلكية الأمريكيان جوزف تايلور (1941–) ورسل هولس (1950 –) أول بلسار (نابض) ثنائي وذلك خلال إجراء أبحاثهما باستخدام مقراب آريسبو الراديوي في بورتوريكو.

1974 يكتشف عالم الفلك الأمريكي تشارلز كوال (1940–2011) القمر الثالث عشر لكوكب المشتري المُسمى ليدا.



الكيمياء CHEMISTRY

توفر الصورة التوضيحية نموذجاً للبلسار الثنائي المتكون من بلسار (أسفل الرسم) يصاحبه نجم نيوتروني يتبع مداراً إهليجياً حول مركز كتلة المجموعة (النقطة الزرقاء). يُصدر البلسار نبضات من طاقة راديوية (الشعاع شاحب اللون). عند تقاطع المدارين تنطلق طاقة جذبية (السهام البنفسجية). يؤدي فقدان الطاقة في نهاية المطاف إلى تقلص المدارين، موضح كإهليلج مزدوج.

الفيزياء PHYSICS

1972 يبدأ عالم الفيزياء النظرية الأمريكي **ميوري جل – مان** (1929 –) بصياغة حقل جديد في الفيزياء، الديناميكا اللونية الكمية (QCD). تأخذ النظرية منحى تفسير التفاعلات النووية بدلالة الكواركات.

1973 ينتج الفيزيائيون في مختبرات بل ليزراً يصدر أشعة ليزرية متصلة ويمكن توليفه لاصدار إشعاعات ليزرية بأطوال مختلفة. كما يتوصل الفريق بعد عام إلى تصنيع ليزر ينتج نبضات لا يتعدى زمنها جزءاً من التريليون من الثانية.

1974 يكتشف كلٌ من الفيزيائيين الأمريكيين صامويل تنغ (1936 –) وبيرتون رختر (1931 –) جسيم ميزون جيه / ساي، وهو نوع من الميزونات ذات عمر النصف الطويل. يتم الاكتشاف على يد الفيزيائيين بشكلٍ مستقلٍ عن بعضهما.

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1972 ينتج عالم البيولوجيا الجزئية الأمريكي بول بيرغ (1926 –) جزيء DNA مهجن.

1972 يكتشف عالم الأنثروبولوجيا الكيني **ريتشارد ليكي** (1944 –) في أفريقيا جمجمة كاملة لسلف الإنسان المعروف *هومو هابيلس*، يعود عمر الجمجمة إلى ما قبل 1.9 مليون سنة.

1972 يطرح طبيب الأمراض النفسية الأمريكي ديفيد يانوسكي ومساعدوه تفسيراً للاختلال ثنائي القطب («وسواس أو هوس انقباضي») باعتبار حدوثه ناتج عن عدم الاتزان بين نوعين من أنواع الناقلات العصبية الكيميائية في مخ الشخص المصاب بالمرض.

1972 يطور عالم الكيمياء الحيوية الإسكتلندي **جيمس بلاك** (1924– 2010) ترياق سيمتدين الذي يمنع الإفرازات الحمضية في المعدة، ويستخدم الترياق في معالجة حالات القرحة المعوية.

1972 تطور عالمة الكيمياء الحيوية السويسرية جين – فرانكو بوريل (1933 –) عقار سايكلوسورين –A المثبط للمناعة ويستخدم لمنع رفض الجسم للأعضاء المزروعة فيه.

1973 بدأ الفيزيائيون الأمريكيون والبريطانيون تطوير التصوير بالرنين المغناطيسي (MRI)، الذي يستخدم فيما بعد في التشخيص الطبي.

1973 يبتكر عالما علوم الحياة الأمريكيان ستانلي كوهين (1935 –) وهيربرت بوير (1936 –) طريقة للاستنساخ الجيني الهندسي للجزيئات في خلية غريبة. تستخدم التقانة فيما بعد في الهندسة الوراثية.

1974 تنتج عالمة الكيمياء الحيوية الأمريكي **جيرتريود إيليون** (1918–99) عقار الأسيكلوفير المضاد، وهو أول مضاد ناجح ضد الفيروسات، لكنها لم تعلن عن اكتشافها حتى عام 1978.

1974 ينقب عالم الأحافير الأمريكي دونالد جوهانسون (1943 –) في إثيوبيا عن أحافير إنسان *أوسترالوبيثكوس أفارينسس* (امرأة لقبت لوسي). ويستنتج أن لوسي كانت منتصبة القامة، ومثلت وقت اكتشافها أقدم سلفٍ معروفٍ للإنسان.



بقايا مراهقة أوسترالوبيثكوس أفارينسس، سميت لوسي. يعود تاريخ البقايا إلى ما قبل 3.2 مليون سنة.

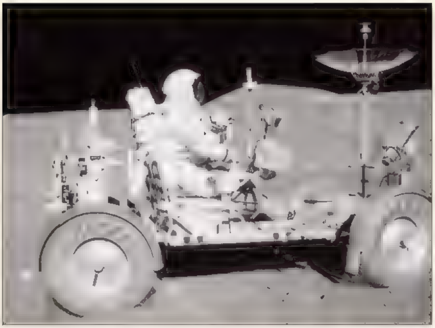
اكتشاف الفضاء SPACE EXPLORATION

1970 يعود المسبار السوفيتي *لونا 16* إلى الأرض حاملاً عينات من تراب القمر. كما يضع *لونا 17* مركبة طوافة على سطح القمر، *لونوخود 1*. وتحط *فينيرا 7* السوفيتية على سطح كوكب الزهرة، وهي أول مركبة فضائية تبث البيانات من سطح كوكب آخر.

1970 تقطع وكالة الفضاء والطيران الأمريكية (ناسا) رحلة *أبولو 13*، دون ان تحط على سطح القمر بسبب حادث انفجار داخل المركبة، ولكن يعود الرواد إلى الأرض سالمين.

1970 بدء الصين واليابان إطلاق توابعهما الصنعية المدارية.

1971 تقوم مركبة الفضاء *أبولو 14* بثالث إنزال للبشر على سطح القمر وتعود محملة بعينات من صخوره. كما تنزل المركبة *أبولو 15* عربة طوافة على سطح القمر. يوضع مسبار ناسا *مارينر 9* في مدار حول المريخ ويرسل أكثر من 7,000 صورة تفصيلية.



يقود رائد الفضاء ديفيد سكوت مركبة لونر الطوافة خلال رحلة أبولو 15 عام 1971.

المواصلات والهندسة TRANSPORTATION AND ENGINEERING

1970 يحطم الأمريكي غاري غابلتش (1940 – 84) الرقم العالمي للسرعة بقيادته السيارة *بلو فليم* المزودة بصاروخ دفع في حلبة بونوفيل سولت فلاتس في ولاية يوتا. تبلغ سرعة السيارة 622.287 ميلاً في الساعة (1,001 كم / ساعة).

1970 تدخل طائرة الجمبو 747 الخدمة برحلتها عبر المحيط الأطلسي بحمولة 400 راكب. كما يدخل الخدمة بعد سنتين نموذج للطائرة صمم لنقل الأغراض جوا بين نيويورك وفرانكفورت بألمانيا الغربية.

1972 تثبيت المسطح الحديدي الجاهز المصنوع من الكونكريت المضغوط في موضعه على جسر لندن عبر نهر التيمز. شيد الجسر على موقع الجسر القديم نفسه (فك الجسر القديم عام 1968 وأعيد تركيبه على مدينة بحيرة هافاسو بولاية اريزونا).

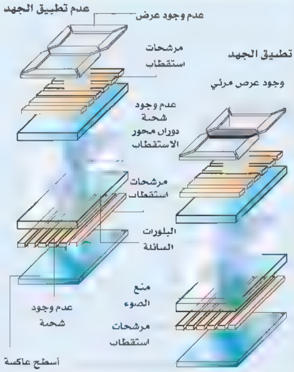
1972 تدشين الباخرة الحربية الملكية *ولتون* في ميناء ساوثهامبتون بإنجلترا. تعتبر الباخرة أول باخرة ذات بدن مصنوع بالكامل من اللدائن.

1972 بدء عملية تحويل الباخرة السياحية *كوين اليزابيث* إلى جامعة بحرية، لكن النيران تدمرها في ميناء هونغ كونغ.

1972 تقوم طائرة الإير باص A300B العملاقة بباكورة رحلاتها من مدينة تولوز جنوب فرنسا. الطائرة إنتاج أوربي مشترك.

1973 الافتتاح الرسمي لمركز التجارة العالمي البالغ ارتفاعه 1,368 قدما (417 م) في مدينة نيويورك – المركز مجمع من المباني أشهرها توأم البرجين. صمم المركز المعماري الأمريكي منورو ياماساكي (1912–86).

التكنولوجيا والاختراعات TECHNOLOGY AND INVENTION



يعتمد عمل شاشة السائل البلوري (LCD)، الذي ابتكر عام 1971، على حبس السائل البلوري بين مرشحات استقطاب مثبتة بواسطة إلكترودين شفافين. عند عدم وجود شحنة على الإلكترودين يستقطب الضوء الساقط على المرشح الأول (يدور محور استقطاب الضوء 90 درجة). وبذلك يمكن للضوء المرور إلى المرشح الثاني والارتداد عنه، وتظل الشاشة في هذه الحالة فارغة. أما في حالة وجود شحنة فإن الضوء لا يكون مستقطباً ولايرتد بالتالي، وتبدو الشاشة في هذه الحالة معتمة.

1970 تسوق شركة كانون اليابانية حاسبات جيب تحتوي على شريط طباعة.

1970 بدء استخدام دولاب الطباعة المتلألأ والأقراص اللدنة لتخزين البيانات في الحواسيب.

1970 تتوصل هيئة الإذاعة الأمريكية (RCA) إلى تبسيط عملية إنتاج الدارات المتكاملة باستخدام تقانة جديدة يستعمل فيها أكاسيد المعادن شبه الموصلة.

1970 يبتكر مبرمج الحواسيب السويسري نيكولاس وورث (1934 –) لغة باسكال (يعتقد أن التسمية مأخوذة من الأحرف الأولى لجملة بالفرنسية ترجمتها برنامج تطبيقي لاختيار وتجميع تلقائي للآداب).

1971 تدشين محطات توليد الطاقة الكهربائية التجريبية التي تستخدم المولدات الهيدروديناميكية المغناطيسية في كل من ألمانيا الغربية والاتحاد السوفييتي.

1971 ينتج مهندس الإلكترونيات الأمريكي تد هوف (1937 –) معالج ذي إشابة مفردة (إنتل 4004).

1971 تستحدث شركة هوفمان – لاروش السويسرية شاشة العرض التي تستخدم فيها السوائل البلورية.

1971 يبتكر مهندسا الإلكترونيات الأمريكيان جاك كلبي (1923–2005) من شركة تكساس إنسترومنتس وروبرت نويس (1927 – 90) من شركة إنتل الحواسيب الجيبية.

اكتشاف الفضاء SPACE EXPLORATION

1971 يوضع المسبار *مارس 2* السوفيتي في مداره حول كوكب المريخ (أسبوعين بعد وضع *مارينر 9*)، ويحط *مارس 3* على سطح الكوكب لكنه لايتمكن من بث الصور إلى الأرض نظرا لتعطل آلات التصوير التلفازية على متنه. تلتحم مركبة الفضاء السوفيتية *سويوس 10* مع أول محطة مدارية فضائية *ساليوت 1*. وفي وقت لاحق من السنة نفسها يقتل ثلاثة رواد فضاء سوفييت خلال دخول مركبتهم، *سويوس 11*، الغلاف الجوي للأرض.

1972 تطلق ناسا أول تابع صنعي مخصص لاكتشاف الموارد على الأرض، *لاندسات 1*. كما تطلق المسبار الفضائي *بايونير 10*. تحط المركبتان *أبولو 16* و *أبولو 17* على سطح القمر.

1972 يهبط المسبار السوفييتي *فنيرا 8* على سطح كوكب الزهرة ويبث البيانات عن سطحه لمدة 50 دقيقة.

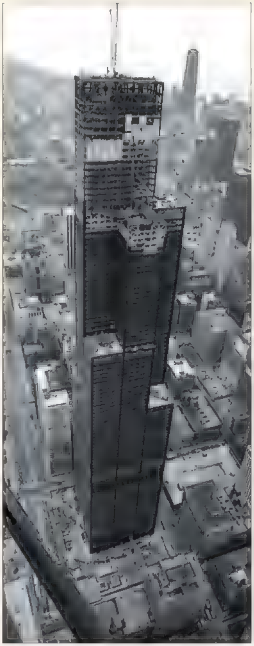
1973 يعبر مسبار الفضاء التابع لناسا *بايونير 10* قرص كوكب المشتري. تطلق ناسا أيضا *بايونير 11* وأربع محطات فضائية.

1974 يصل مسبار ناسا *مرينر 10* إلى كوكب عطارد (أطلق المسبار عام 1973). ويعبر المسبار السوفيتي *مارس 4* كوكب عطارد. يدفع المسبار *مارس 6* بمركبة لكنها تتحطم عند سقوطها على سطح الكوكب، كما يخطىء المسبار *مارس 7* في توجيه مركبة نحو سطح كوكب عطارد.

المواصلات والهندسة TRANSPORTATION AND ENGINEERING

1973 تحطم الطائرة السوفيتية فوق الصوتية Tu-144 في معرض الطيران في فرنسا. استخدمت الطائرة بعد سنتين للشحن والبريد، لكنها لم تطور لحمل الركاب.

1973 بدء بناء برج سي آن في مدينة تورنتو بكندا. يصبح البرج بعد الانتهاء من بنائه بعد ثلاث سنوات أطول بناء في العالم (بما في ذلك طول ساريته) ويحتوي على سارية للإرسال الإذاعي والتلفازي. يبلغ ارتفاع البرج والسارية 1,815 قدما (553م).



احتل برج سيرز في شيكاغو موقعه كأطول مبنى في العام حتى الانتهاء من تشييد توأم ابراج بتروناس في ماليزنيا عام 1998. يبلغ ارتفاع برجي بتروناس 1,483 قدما (452 م).

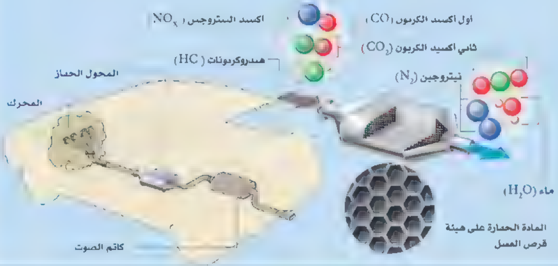
1974 الانتهاء من تشييد برج سيرز في شيكاغو. يبلغ ارتفاع البرج 1,450 قدما (442 م) ويعد أطول مبنى في العالم في ذلك الوقت.

1974 تحديث جذري لمرقاب أريسيبو الراديوي في بورتوريكو، ويشمل التحديث تثبيت سطح عالي الدقة.

1974 يقترح المعماريون استخدام الزجاج الكهرولوني لنوافذ البنايات. يتميز الزجاج باسوداد لونه عند إمرار تيار كهربائي صادر من مصدر منخفض الجهد الكهربائي، مما يؤدي إلى التقليل من الطاقة المنقودة في المبنى.

التكنولوجيا والاختراعات TECHNOLOGY AND INVENTION

طورت المحولات الحفازة خلال السبعينات من القرن العشرين للتقليل من كمية الانبعاثات السامة التي تطلقها عوادم السيارات. تعتبر الأكاسيد الحمضية للكبريت والنيتروجين الناتجة عن حرق الوقود الأحفوري مثل النفط والغازولين، وبخاصة من عوادم السيارات، تعتبر هذه ملوثات رئيسة للبيئة. كما تحتوي أبخرة عوادم السيارات على أول أكسيد الكربون والعديد من الهيدروكربونات غير تامة الاحتراق، وتمثل هذه الانبعاثات مكونات رئيسة لوجود الضباب الدخاني الذي يغطي العديد من المدن الرئيسة. يقوم المحول الحفاز بتحويل أكاسيد النيتروجين إلى عنصر النيتروجين وتحويل أول أكسيد الكربون إلى ثاني أكسيد الكربون والهيدروكربونات إلى ماء وثاني أكسيد الكربون. يصنع المحول الحفاز من خليط من المواد الحفازة قاعدتها البلاتين في الغالب الأعم تدهن بها معادن أو خزف على هيئة قرص العسل (للتقليل عن المساحة اللازمة للمحول). بمرور انبعاثات العادم على المادة الحفارة تتحول إلى مركبات أقل ضررا.



1971 تسوق شركة سنترون الأمريكية الطابعة المصفوفية النقطية.

1972 يؤسس مهندس الحواسيب الأمريكي نولان بوشنيل (1943–) شركة أتاري ويبتكر لعبة الفيديو الشهيرة بونغ التي تستخدم فيها شاشة السائل البلوري. كما يبتكر بعد سنة أولى ألعاب الفيديو الحاسوبية.

1973 تدشين أول محطة تلفازية لبث الأخبار المقروءة (سيفاكس وأوريكل) على التلفزيون البريطاني.

1974 تستحدث شركة جنرال موتوز الأمريكية المحولات الحفازة للسيارات.

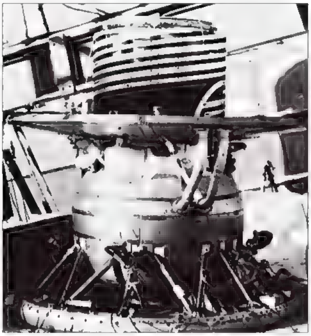
1974 يبتكر مهندس الكيمياء الأمريكي آرثر فراي (1931–) البطاقات شبه الغروية.

مسابير الكواكب PLANETARY PROBES

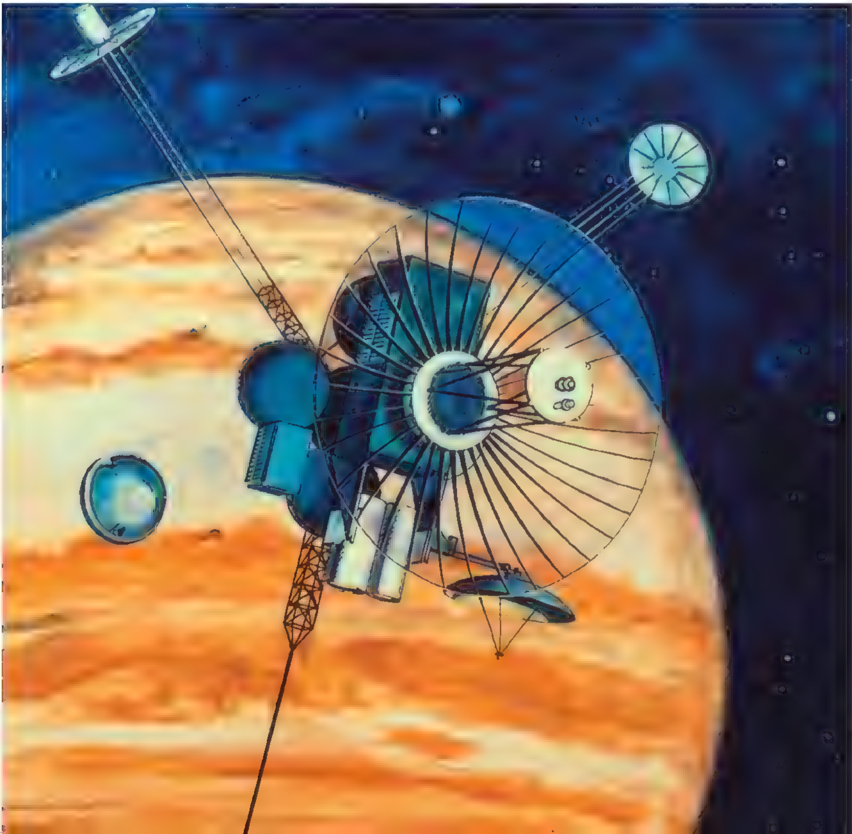
بقيت الكواكب لعدة قرون لغزاً يصاحب الأرض في رحلتها حول الشمس. وفي أحسن الأحوال تمكن الإنسان من رؤية الأجرام السماوية بواسطة المقاريب الفلكية كأجسام غير واضحة المعالم. مع دخول عصر الفضاء توفرت للفلكيين فرصة جديدة: بإرسال أجهزة جمع البيانات إلى الكواكب نفسها وبث المعلومات إلى الأرض.

تتمثل أول محاولة للوصول إلى الكواكب – باستثناء القمر والذي لايعد كوكباً بالمعنى الدقيق – في الرحلات التي قامت بها المسابير الأمريكية والسوفيتية غير المأهولة خلال الستينيات من القرن العشرين إلى كوكب المريخ وكوكب الزهرة. نجحت وكالة الفضاء والطيران الأمريكية (ناسا) عام 1962 في بلوغ المسبار *مارينر 2* كوكب الزهرة وعبوره قرصه. وفي عام 1967 نجح المسبار الفضائي السوفييتي *فنيرا 4* في إرسال بعض المعلومات عن الغلاف الجوي لكوكب الزهرة قبل أن يسقط على سطح الكوكب ويتحطم. وعلى الرغم أن البيانات كنت مشوشة فقد برهن *فنيرا 4* على نجاح التصوير الفضائي. كما حط المسبار *فنيرا 7* على سطح كوكب الزهرة عام 1970 وكان أول مسبار فضائي يبث المعلومات إلى الأرض من على سطح كوكب آخر. بعد خمس سنوات استقر *فنيرا 9* في مداره حول الزهرة ونجح في إنزال نظام تصوير على سطحه بث إلى الأرض صورا للسطح الصخري للكوكب. كما نجح المسباران *فنيرا 15* و *فنيرا 17* في رسم خارطة راديوية لسطح الزهرة. وفي عام 1985 نجح المسبار التوأم *فيغا 1* و *فيغا 2* في إنزال أجهزة علمية على سطح الزهرة باستخدام مناطيد عبرت الغلاف الجوي للكوكب ببطء.

في الوقت نفسه ركزت ناسا جهودها على كوكب المريخ والكواكب الأبعد. *مارينر 4* (1964) *مارينر 6* (1969) و مارينر 7 (1969) اللذان قاما بتصوير سطح المريخ وبث الصور إلى الأرض. واتخذ *مارينر 9* مداره حول المريخ عام 1971 (أول مسبار فضائي يتخذ مداراً حول أي كوكب)، وأرسلت آلات التصوير الفيديوية من على متنه صوراً تفصيلية لتضاريس سطح الكوكب وكذلك لقمرين من أقماره، فوبوس وديموس. بينت الصور أن سطح المريخ قاحل أجرد مكون من صحارى صخرية حمراء.



▲ حط المسبار الفضائي السوفييتي *فنيرا 10* بسلام على سطح الزهرة في اكتوبر عام 1975 وأرسل صوراً لسطحه، تظهر الصورة نموذجاً بالحجم الحقيقي للمسبار.



تواريخ مفصلية

1962 وصول مسبار ناسا *مارينر 2* إلى الزهرة.

1964 يلتقط مسبار ناسا *مارينر 4* صورا للمريخ.

1970 هبوط المسبار السوفييتي *فنيرا 7* على سطح الزهرة.

1971 يتخذ مسبار ناسا *مارينر 9* مداره حول المريخ .

1972 هبوط المسبار السوفييتي *فنيرا 8* بسلام على سطح الزهرة.

1973 يحلق مسبار ناسا *بايونير 10* بمحاذاة المشتري.

1975 يتخذ المسبار السوفييتي *فنيرا 9* مداره حول الزهرة.

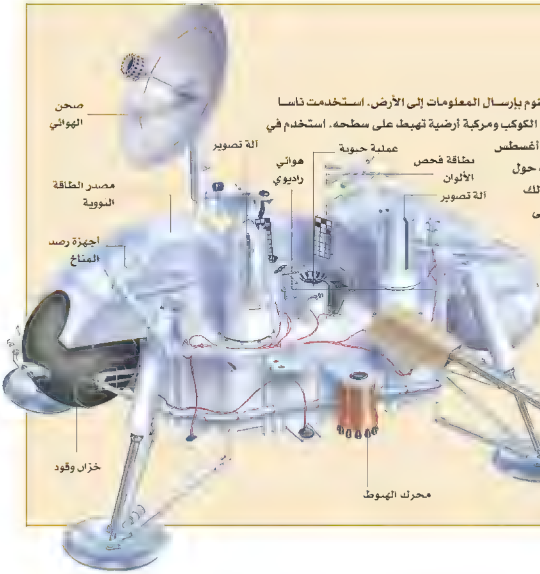
1976 هبوط مسبارا ناسا *فايكنغ 1* و*فايكنغ 2* بسلام على سطح المريخ.

1986 وصول مسبار ناسا *فويجر 2* كوكب أورانوس.

1989 وصول مسبار ناسا *فويجر 2* كوكب نبتون.

مركبة فايكنغ الأرضية

المركبة الأرضية مركبة فضائية تصمم للهبوط الآمن على سطح الكواكب كما تقوم بإرسال المعلومات إلى الأرض. استخدمت ناسا في رحلات الفايكنغ مسبارين يحتوي كل منها على كبسولة تأخذ مدارا لها حول الكوكب ومركبة أرضية تهبط على سطحه. استخدم في إطلاق الكبسولة والمركبة صواريخ تيتان – سنتور. أطلق المسبار *فايكنغ 1* في أغسطس عام 1975 وبلغ المريخ في يونيو من العام التالي. استمر المسبار في دورانه حول المريخ لمدة شهر بحثاً عن مكان مناسب لإنزال المركبة الأرضية، وتسنى له ذلك في يوليو عام 1976. كما أن المركبة الأرضية *فايكنغ 2* تمكنت من الرسو على سطح المريخ عام 1976 أيضاً، بعد إطلاق المسبار في سبتمبر عام 1975. قامت الكبسولتان المداريتان للمسبارين برسم خارطة تفصيلية للكوكب مبنية عليه تضاريس سطحه بدقة بلغت وضوح صور لمساحات صغيرة لايزيد قطرها عن 500 قدم (152 م). بث المسباران 55،000 صورة لسطح المريخ. ثُبت في كل من المركبتين الأرضيتين ذراع لجمع عينات من التربة لإرسالها إلى الأرض وتحليلها بهدف البحث عن أدلة لوجود الحياة على سطح الكوكب، لكن النتائج فندت مثل هذا الاحتمال. علاوة على ذلك إحتوت المركبتان الأرضيتان على أجهزة لقياس الطقس ومتابعة تغيرات فصول السنة المريخية. كما أن آلات التصوير بثت الصور عن تضاريس الكوكب إلى محطة ناسا الأرضية.



كما اتخذ المسبار السوفييتي *مارس 5* مداراً له حول الكوكب عام 1974 وأرسلت آلات تصوير الفيديو منه صوراً لبضعة أيام قبل أن تتعطل. لكن برنامج فايكنغ التابع لناسا كان أكثر طموحا. فقد نجح المسباران *فايكنغ 1* و *فايكنغ 2* في الوصول إلى المريخ عام 1976. واحتوى كل من المسبارين كبسولة مدارية اتخذت مداراً حول الكوكب وكبسولة أخرى هبطت بيسر على سطحه لتحليل تربته.

كان من نصيب برنامج ناسا بايونير الأسبقية في الرحلات الى الكواكب الخارجية. وتصدر المسبار *بايونير 10* قائمة المسابير التي نجحت في الخروج من نطاق نظامنا الشمسي. أطلق المسبار عام 1972 واجتاز كوكب المشتري عام 1973. كما أن *بايونير 11*، الذي أطلق عام 1973، نجح في الوصول بمحاذاة طوق كوكب زحل عام 1979. وأرسل المسباران صوراً بالغة الروعة للكوكبين العملاقين. كما أن الكوكبين كانا محطة رحلة كل من *فويجر 1* و *فويجر 2* اللذان أطلقا عام 1977. بلغ المسباران كوكب المشتري عام 1979، ووصل *فويجر 1* زحل عام 1980. حلق *فويجر 2* على مقربة من زحل بعد عام ومضى لزيارة أورانوس عام 1986 ونبتون عام 1989، مكتشفا خلال رحلته نظام طوق يحيط بكوكب نبتون علاوة على ستة من أقماره.

شملت مسابير ناسا في مرحلة لاحقة مسبار *ماجلان*، الذي أطلق من مكوك الفضاء *أتلانتس* عام 1989 وحلق حول كوكب الزهرة في السنة التالية، وكذلك مسبار *غاليليو* الذي صور المشتري عام 1995. أظهرت الصور التي التقطها *ماجلان* أن سطح الزهرة جبلي بركاني يضم في الغالب الأخاديد. فقدت ناسا الاتصال بالمسبار عام 1994. كان مسبار *غاليليو* أول مسبار اتخذ مداراً له حول كوكب المشتري، ومضى في رحلته لزيارة عدد من أقماره. إضافة إلى ذلك أطلقت ناسا مسبار *مارس أوبزيرفر* عام 1992 ويبدو أنه نجح في الوصول إلى المريخ، بيد أنه فشل في اتخاذ مدار له حوله وفقد كلياً عام 1993. لكن مسبار *مارس باثفايندر* (كاشف طريق المريخ) نجح في الهبوط على سطح الكوكب عام 1997. أطلق المسبار المركبة الأرضية *سوجورنر* التي تمكنت من التقاط وإرسال 16,500 صورة إلى الأرض بالإضافة إلى بيانات جيولوجية حول الكوكب.

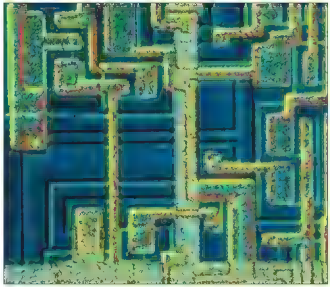




◀ تظهر اللوحة تصور فنان (رسام) لمسبار *غاليليو* مقترباً من كوكب المشتري ويبعد مسافة 600 ميل فقط عن سطح قمره لو، الذي يبدو سطحه ممزقا بسبب بركان هائل نشط.

◀ اطلقت وكالة الفضاء الأوربية المسبار جيوتو في يوليو عام 1985 من قاعدة في غنيا الفرنسية. واستخدم لإطلاقة صاروخ أريان 1. عبر المسبار مذنب هالي في مارس 1985 ومضى ليصل مذنب غرغ – سكيليروب في يوليو 1992. أما *فويجر 2* فقد حلق على مقربة من زحل عام 1981 وتابع زيارته لأربعة من أقماره. كما بلغ *بايونير 11* زحل عام 1979.

أشباه موصلات SEMICONDUCTORS



▲ تبلغ مساحة الدارة المتكاملة حوالي 0.5 بوصة مربعة (13 مم مربع). تتكون الدارة من تجهيزات شبه موصلة ترانزستورات، دايودات، مكثفات ومقاومات بالإضافة إلى أسلاك التوصيل المحفورة، لتكون المجموعة وحدة واحدة على رقاقة سيليكون. وتمثل عناصر مثل هذه لب كل الأجهزة الإلكترونية.

تزود السيارات الحديثة «بشيبات، برقائق» تتحكم في معدل سريان الوقود الى المحرك وإحكام قبضة الإطارات على الطريق، علاوة على وظائف عديدة أخرى تتصل بحالة السيارة. كما أن الشيبات تتحكم في الدايودات الباعثة للضوء التي تنير أجهزة القياس المختلفة المثبتة على لوح مفاتيح السيارات. وبذلك تساعد في جعل السيارة آلة يمكن الوثوق بعملها بدرجة أكبر مما يؤدي إلى قيادة أكثر أمانا. يضاف إلى ذلك أن الشيبات تستخدم في آلات منزلية عدة من بينها آلات غسيل الملابس وغسيل الصحون وأفران الميكروويف. وذلك للتحكم في أداء هذه الآلات بناء على برمجة مسبقة لها. توجد الشيبات في جميع مرافق حياتنا، لكن وجودها لم يكن ممكناً لولا وجود أشباه الموصلات.

تتميز غالبية المعادن بأنها موصلات جيدة للكهرباء، فالأسلاك الكهربائية تصنع في الغالب من النحاس. وهناك مدى آخر من المواد تتميز بصعوبة انتقال الإلكترونات (توصيل الكهرباء) خلالها وتشمل الزجاج والورق والمطاط، وتسمى هذه المواد بالعوازل وتستخدم في عزل الأسلاك الكهربائية عن بعضها. وبين مدى الوصل والعزل تقع مجموعة ثالثة من المواد تسمى أشباه الموصلات. تضم هذه القائمة مواد الجرمينيوم والقصدير والسيلينيوم والزنك (الخارصين) والتيليريوم. كما أن هناك مركبات شبه موصلة مثل زرنيخ الجاليوم والغالينا (كبريتد الرصاص) وتليدريد الأنديوم الزئبقي. استخدمت جميع هذه المواد في الآلات التي تحتوي على أشباه موصلات، لكن الاستخدامات الحالية تكاد تقتصر فقط على السيليكون كمادة شبه موصلة.

تتميز المواد شبه الموصلة بأنها مواد عازلة في بعض الأحيان، لكن يمكن لها توصيل الكهرباء تحت ظروف معينة. فقد اكتشف العلماء خلال دراستهم الكهرباء في الثلاثينيات من القرن التاسع عشر أن بعض المواد الموصلة تفقد خصائص التوصيل الكهربائي عند تسخينها وأن مواد أخرى ضعيفة التوصيل الكهربائي تسمح للتيار الكهربائي المرور في اتجاه واحد فقط عند تسليط الضوء عليها.

كان الفيزيائي الإيطالي **غوليلمو ماركوني** (1874–1937) يقوم بتجارب لتحويل التيار الكهربائي الى موجات راديوية، واحتاج لإنجاز ذلك إلى جهاز يسمى المقوّم للكشف عن الإشارات الراديوية القادمة. يتمثل عمل المقوّم بالسماح للتيار الكهربائي المرور في اتجاه واحد فقط. نجح الفيزيائي الألماني فرديناند براون (1850–1918) عام 1874 في صنع مقوّم مستخدماً بلورة غالينا. استخدمت البلورة في أول مستقبل إذاعي، عرف «بالمجموعة البلورية»، وتمثلت وظيفتها في إرسال التيار الكهربائي إلى رأس مدبب لسلك رقيق، سُمي «شارب القط». كما أن مقوّم براون يعتبر أول جهاز يستخدم أشباه الموصلات. وقد نال ماركوني وبراون جائزة نوبل للفيزياء عام 1909 لجهودهما في هذا المجال.

للمقوّم قطبان، بيد أن تقانات البث والاستقبال الإذاعيين تحتاج إلى قطب ثالث وظيفته التحكم في التيار وفرق الجهد الكهربائي بين قطبين من الجهاز من خلال تطبيق فرق جهد وتيار معين على القطب الثالث. وأول جهاز بثلاثة أقطاب هو أنبوب التفريغ المعروف بالترايود، الذي يسمى أيضا الصمام الثلاثي. كما ظهرت نماذج أخرى تحتوي عدداً من الترايودات موضوعة داخل أنبوب تفريغ واحد. لكن المعضلة أن الصمامات تحتاج طاقة كبيرة لتشغيلها مما يجعلها تسخن بشكل كبير فيؤدي ذلك إلى احتراق أجزائها المعدنية وتوقفها عن العمل.

نجح ثلاثة فيزيائيين– **وليام شوكلي** (1910–89) **وجون باردين** (1908–91) و **وولتر براتين** (1902–87)– عام 1947 في ابتكار أول جهاز ثلاثي الأقطاب من الجوامد، وسُمي الجهاز الجديد الترانزستور نقطي الاتصال، وذلك باستخدام عنصر الجرمينيوم شبه الموصل. وخلال عمل الثلاثة في مختبرات بل عام 1948 صنعوا عدداً من هذه الترانزستورات وقاموا بتوصيلها بعناصر كهربائية أخرى ليتوصلوا إلى تصنيع مكبر للصوت. وعلى عكس مكبرات الصوت ذات الصمامات إنتفت الحاجة إلى التسخين قبل بدء المكبر بالعمل. ونظير هذه الجهود نال الثلاثة جائزة نوبل للفيزياء عام 1956.

كما توصل شوكلي أيضاً إلى تصنيع ترانزستور الوصلة المصنوع من شرائح من مواد شبه موصلة مضغوطة مع بعضها. وفي عام 1948 إكتشف أن إضافة شوائب إلى بلورات الجرمينيوم يحسن من خصائص شبه الموصل.

تُصنع المواد شبه الموصلة اليوم من شرائح من بلورات السيليكون تضاف إليها شوائب بتركيز يضع أجزاء من المادة الشائبة لكل مليون جزء من السيليكون. وتعرف عملية إضافة الشوائب بالإشابة. إذا أضيف الزرنيخ إلى السيليكون ترتبط كل ذرة زرنيخ بأربع ذرات من السيليكون مما يؤدي إلى وجود إلكترون إضافي. ونظراً لأن شحنة الإلكترون سالبة يُسمى مركب شبه الموصل الناتج النوع السالب (n-). وإذا أضيف البورون للسيليكون ترتبط جميع الذرات مع بعضها تاركة فجوة لإلكترون ناقص، أو يمكن القول بوجود بروتون موجب زائد. ولذلك يعرف هذا النوع بشبه الموصل الموجب (p-). وبتطبيق فرق جهد بين طرفي شبه الموصل تتحرك الإلكترونات في النوع n- في اتجاه بينما تتحرك الفجوات في النوع p- في الاتجاه الآخر.

جاء التطور التالي عام 1958 على يد مهندس الإلكترونيات الأمريكي جاك كلبي (1923–2005) وذلك خلال عمله مع شركة تكساس إنسترومنتس. اكتشف كلبي أن بالإمكان وضع شوائب مختلفة على التوالي في شبه موصل واحد، بدلاً من تصنيع ترانزستور واحد بشائبة واحدة. ويمكن بعد ذلك إضافة عناصر

تواريخ مفصلية

1874 مقوم براون.

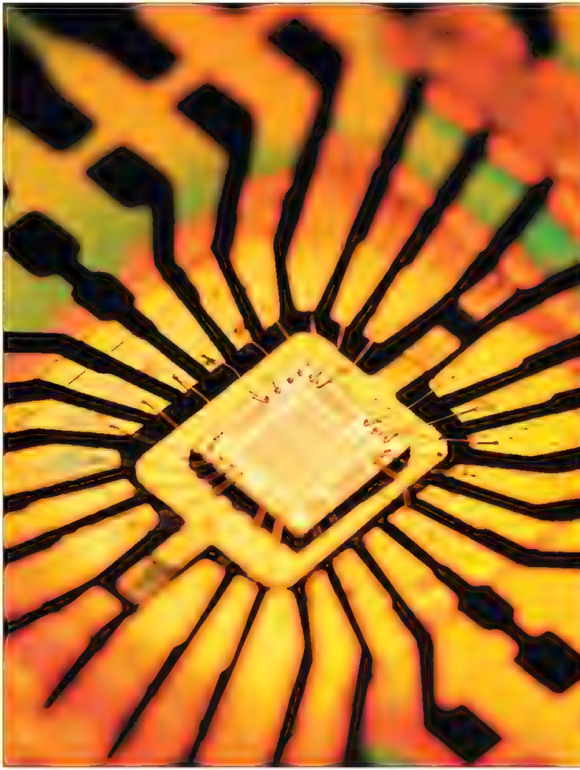
1947 الترانزستور نقطي الوصل.

1948 المكبر الصوتي.

1948 ترانزستور الوصلة.

1958 الدررت المتكاملة.

1959 التقانة المسطحة.



▲ دارة متكاملة رسبت كمسالكاً على سطح مكشوط من قطعة من السيليكون، تحيط بها أسلاك توصلها عبر مسالك معدنية. تمثل المجموعة المكونة من الدارة المتكاملة وأسلاك التوصيل رقاقة (شبيبة حاسوب).

كهربائية أخرى مثل الدايود والمكثف والمقاومات. وبهذه الكيفية ابتكر كلبي الدارة المتكاملة.

كما طوَّر بعد سنة كلٌّ من الفيزيائي السويسري جين هورني (1924–97) ومهندس الإلكترونيات الأمريكي روبرت نويس (1927– 90) من شركة فيرتشايلد لأشباه الموصلات تقانة تعرف بالتقانة المسطحة. تعتمد التقانة على وضع طبقات مختلفة على رقاقة من السيليكون لتصنيع ترانزستور مسطح، ومن ثم تصنع التوصيلات اللازمة بتبخير شرائح معدنية على السطح.

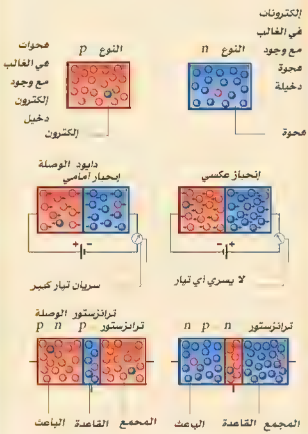
تبلغ مساحة مثل هذه الرقاقة (شيبة) أقل من مساحة طابع بريد وتتكون من حافظة بلاستيكية تحتوي على طبقات من الترانزستورات والعناصر الكهربائية ذات الصلة موصلة مع بعضها على سطح فضي من السيليكون. وتدخل الشيبة عنصراً رئيساً في الحواسيب وآلات التصوير الرقمية وجميع الأجهزة الإلكترونية الحديثة. هذه الشيبات دارات متكاملة تستند في عملها على تقانات أشباه الموصلات.

أشباه الموصلات

تؤدي إشابة عنصر بشوائب إلى إنتاج شبه موصلات من النوع – n ذي الإلكترون الإضافي أو من النوع – p ذي الفجوة التي يمكن اعتبارها شحنة موجبة إضافية. عند تطبيق فرق جهد كهربائي تتحرك الإلكترونات والفجوات في شبه الموصل باتجاهين متعاكسين. يتكون ترانزستور الوصلة من قطعة من النوع – n موصلة بقطعة من النوع– p. يمكن للتيار الكهربائي السريان في اتجاه واحد عبر المنطقة الفاصلة بين النوعين. يمكن للإلكترونات الحرة الانتقال من النوع– n عبر الوصلة لاحتلال مواقع الفجوات في النوع– p، لكن لا يمكنها الانتقال من النوع– p إلى النوع– n. اذا وصل النوع –p من المادة بالقطب الموجب من البطارية والنوع– n بالقطب السالب يقال أن الدايود منحاز أمامياً. وفي هذه الحالة تنجرف الإلكترونات والفجوات نحو الحد الفاصل فتتعادلان كهربائياً. ونتيجة لذلك لا تتبقى أية شحنة عند الحد الفاصل، مما يسمح للتيار بالمرور عبره بحرية. وفي حالة عكس التوصيل بالبطارية (انحياز عكسي) تسحب البطارية الإلكترونات والفجوات بعيداً عن الحد الفاصل، حيث لا يمكنهما بعد ذلك الانتقال إلى أي مكان آخر. وبالتالي لا يمكن للتيار المرور عبر الحد الفاصل. وبسبب هذه الحقيقة، يسري التيار في اتجاه واحد فقط، يصبح الدايود عنصراً كهربائياً مثالياً لتقويم الإشارات في دارات البث والاستقبال الراديوي وفي أجهزة أخرى عديدة.

يستخدم في تصنيع ترانزستور الوصلة ثلاث طبقات من المواد: أما التوصيل n- p- n أو p- n- p. بتوفير تيار ضئيل الشدة عند الوسط (القاعدة) يقوم هذا التيار بالتحكم بتيار أعلى شدة بين المكونين الخارجيين (الباعث والمجمع). تقوم الوحدة بوظيفة الترايود ويمكن استخدامها في المكبرات ودارات إلكترونية أخرى.

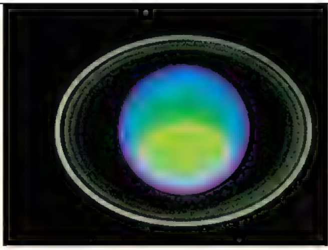
مواد شبه موصلة



علم الفلك ASTRONOMY

1975 تقيس الفلكية الأمريكية فيرا روبن (1928 –) الحركة الحقيقة لمجرتنا (درب التبانة أو الطريق الحليبي) وتتوصل إلى أنها تساوي 310 أميال في الساعة (500 كم / ساعة).

1975 يعيد عالم الفلك الراديوي الأمريكي آلان روجرز فكرة استخدام أجهزة التداخل ذات القواعد الطويلة جداً لزيادة قوة تمييز المقاريب الراديوية.



صورة كوكب أورانوس التي التقطها مقراب هبل الفضائي عام 1996، برهنت الصورة على وجود حزام حول الكوكب والذي رصد أول مرة عام 1977.

1977 يرصد الفلكيون الأمريكيون على متن المرصد كويبر المحمول جواً حزام (طوق) كوكب أورانوس.

الكيمياء CHEMISTRY

1975 يتقن الكيميائيون في شركة ديوبونت إنتاج بولي إثيلين تريفثاليت (PET) وهي مادة لدنة (البلاستيك) تستخدم قوارير للمشروبات الغازية.

1976 يؤدي حادث في مصنع للمبيدات الحشرية في مدينة سيفيسو في إيطاليا إلى إنبعاث سحب من غاز الديوكسين السام متسبباً في نفوق مئات الحيوانات في الحقول المجاورة.

1977 يعلن الفيزيائي الأمريكي جي. صامويل هيرست (1927 –) ومساعدوه عن طريقة للكشف عن ذرة سيزيوم مفردة ضمن 10^{19} ذرة أورجون وذلك باستخدام تقانة تعتمد على الليزر.

1977 ينتج الكيميائي الأمريكي من أصل نيوزلندي آلان ماكديارمد (1927–2007) والكيميائي الأمريكي آلان هيجر (1936 –) والكيميائي الياباني هديكي شيراكاوا (1936 –) نوعاً من البولي إثيلين موصل لكهرباء (بولي أستيلين) وذلك بإضافة اليود إلى تركيبته الأصلية.

الفيزياء PHYSICS

1976 يكتشف الفيزيائي الأمريكي مارتن بيرل (1927 –) جسيماً تحت ذري يطلق عليه مسمى جسيم تاو (أو التاوون)، وهو نوع من اللبتونات ذي كتلة كبيرة وشحنة سالبة.



بعد انبعاث غازات المبيدات الحشرية من مصنع سفيسو في إيطاليا عام 1976 سجلت أكثر من 200 حالة لمرض كلور أكني (بثور الكلور) في البشر. وعلى إثر ذلك اتخذ رجال الشرطة احتياطاتهم بلبس أقنعة واقية من الغازات خلال تثبيتهم الملصقات في المناطق الموبؤة.

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1975 يطور ثلاثة علماء مضادات أجسام أحادية الاستنساخ تستخدم لإنتاج مضادات ذات صفات محددة. العلماء الثلاثة هم عالم البيولوجيا الجزيئية البريطاني من أصل أرجنتيني سيزار ملستين (1927–2002) وعالم المناعة الإنجليزي من أصل دنماركي نيلز بيرن (1911–94) وعالم المناعة الألماني جورج كوهلر (1946–95).

1975 يكتشف عالما الأقربازين الإسكتلندي من أصل ألماني هانز كوسترلتز (1903 – 96) والبريطاني جون هيوز (1942 –) الإنكفالينات، وهي مركبات كيميائية تنتج داخل الدماغ وتتحكم في الشعور بالالم وبعض الاحاسيس البدنية الأخرى.

1976 يعلن عالم الفيسيولوجيا الأمريكي من أصل فرنسي روجر غوليمن (1924–) اكتشافه وجود الأندورفينات، وهي مركبات شبية بالمورفين تنتج داخل الدماغ تخفف من الآلام بعد إصابة الجسم بالجروح.

1976 حدوث أول انتشار لمرض الليجنير (مرض فرقة المرتزقة) في الولايات المتحدة. ويتم بعد سنتين عزل البكتيريا المسببة لمرض (*ليجونيلا*).

1976 تأسيس شركة جينتك، وهي أول شركة تجارية تستعين بالمعلومات الجينية للبشر لتصنيع منتجات طبية. يتم تأسيس الشركة في مدينة سان فرانسسكو.

1976 يكتشف عالما الفيروسات الأمريكيان جيه. مايكل بشوب (1936 –) وهارولد فارموس (1939 –) ومساعدوهما جينات أونكو (الجينات الورمية) التي في مقدروها تحويل الخلايا العادية إلى خلايا سرطانية.

1976 يقوم الكيميائي الأمريكي من أصل هندي هار خورانا (1922–2011) ومساعدوه بإدخال جين اصطناعي في خلية حية *أتشيرتشيا كولي* (الإشريكية القولونية)، ويسجلون قيام الجين بوظائفه الكاملة.

1976 اكتشاف فيروس الإيبولا (العائلة الفيلوفردية) لأول مرة بعد انتشار الوباء في السودان وزائير (جمهورية الكونغو الديمقراطية حالياً).

1977 يكتشف عالم البيولوجيا الجزيئية من أصل إنجليزي ريتشارد روبرتس (1943–) إحتواء بعض الجينات على سلاسل «غير مفهومة» من الـ DNA (الحمض الديوكسي الريبو نووي) والتي لا وظيفة لها، كما يبدو. كما يكتشف الظاهرة نفسها، وبشكل مستقل، عالم البيولوجيا الجزيئية الأمريكي فيليب شارب (1944–). يُطلق على هذا الجين اسم أنترون. كما يفصلان سلاسل الإكسونات المسؤولة عن تشفير جزء من منتجات الجينات أو كلها أو منتج واحد يتحكم في وظائفها.

1977 يستخرج العلماء السوفيت جثة طفل ماموث دفنت في الجليد السرمدي في سيبيريا منذ 40,000 سنة.

انظر أيضاً الجسيمات تحت الذرية 8: 8-9؛ مسابير الكواكب 9: 34-35؛ ظاهرة البيت الزجاجي (الدفيئة) والاحترار العالمي 10: 36-37؛ مشروع الجينوم البشري 10: 40-41

علم الفلك ASTRONOMY

1977 يكتشف الفلكي الأمريكي تشارلز كوال (1940-2011) النظام الشمسي الخارجي تشيرون. اعتقد في البداية أنه كويكب، ثم مذنب لكن تم تصنيفه حالياً كجرم قنطورس.

1978 يرصد الفلكيان الأمريكيان جيمس كرستي (1938 -) وروبرت هارينغتون (1942-93) قمر بلوتو تشارون.

1978 يكتشف الفلكيان جون فاونتين (1944-) وستيفن لارسون (1945-) قمر إيبيميثيوس، وهو من الأقمار الداخلية لكوكب زحل. يدور القمر حول الكوكب في زمن يقل عن 17 ساعة، وقد برهنت على وجوده الصور التي أرسلها مسبار ناسا فويجر *1* بعد سنة.

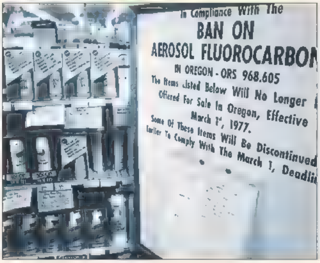
1978 يعتقد أن لكويكب هيركولينا قمر صغير يدور حوله (أول تابع طبيعي يكتشف لكويكب). لكن الرصد اللاحق باستخدام مقراب هبل الفضائي يفشل في إثبات هذا الاعتقاد.

1979 يكتشف الفلكيون الأمريكيون، باستخدام البيانات التي وفرها المسبار فويجر*1*، أقمار المشتري الداخلية: ميتس وثيب وأدراستي.

الكيمياء CHEMISTRY

1977 يكتشف الباحثون الكيميائيون في الاتحاد السوفيتي طريقة لإنتاج الألماس الاصطناعي الخالي من الغرافيت من غاز الميثان مباشرة.

1978 تحرم الحكومة الأمريكية استخدام غازات الكلوروفلوروكربون (CFCs) كغاز دفع في علب الرش (البخاخات) نظراً لتدميرها طبقة الأوزون المحيطة بالأرض.



كانت ولاية أوريغون أول ولاية تمنع استخدام غازات CFCs عام 1977، وذلك قبل عام من المنع على مستوى الولايات كلها.

1978 تعتزم الحكومة الأمريكية منع استخدام المضافات التي تستخدم لتنقية بنزين السيارات من الرصاص.

الفيزياء PHYSICS

1977 يكتشف الفيزيائي الأمريكي ليون ليدرمان (1922-) جسيم أبسلون ذا عمر النصف القصير (نوع من الميزونات تساوي كتلته عشرة أضعاف كتلة البروتون تقريبا).

1978 يتوصل الفيزيائي الألماني وولفغانغ بول (1913-93) ومساعدوه إلى طريقة لحجز النيوترونات في نطاق مغناطيس حلقي وتتمكن المجموعة من قياس عمر النصف للنيترون بنتيجة 15 دقيقة تقريبا.

1979 تعلن مجموعة من الفيزيائيين الألمان اكتشاف الغلوون، وهو جسيم إفتراضي يعتبر وسيط القوة النووية القوية.

العلوم الحيوية والطب BIOLOGY AND MEDICINE

1977 يتوصل عالم الكيمياء الحيوية الإنجليزي فريدريك سانجر (1918-2013) ومساعدوه إلى التوصيف التفصيلي للسلسلة الكاملة لقواعد الـ DNA (لفيروس).

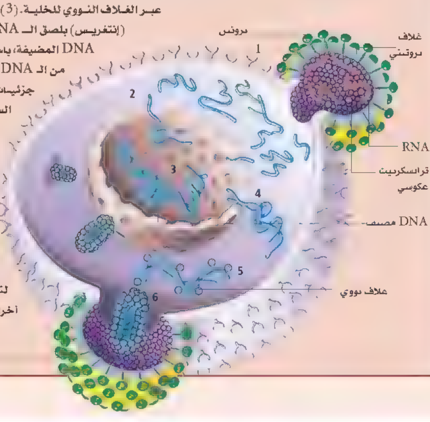
1978 ولادة أول أطفال الأنابيب في إنجلترا.

1979 ينشر عالم البيولوجيا الإنجليزي جيمس لوفلوك (1919 -) مؤلفه *غايا: نظرة جديدة للحياة على الأرض*. يطور لوفلوك في الكتاب فرضيته على أن الغلاف الجوي والمحيطات والصخور السطحية وجميع الكائنات الحية على الأرض وحدة عملاقة واحدة تنظم نفسها بنفسها.

1979 ظهور أوائل حالات مرض الأيدز في الولايات المتحدة.

1979 تعلن منظمة الصحة العالمية إجتثاث مرض الجدري في جميع أقطار الدنيا (رغم وجود بعض عينات من ميكروب المرض في المختبرات).

ظهرت أول حالة للأيدز (متلازمة فقد المناعة المكتسبة) في الولايات المتحدة عام 1979. يسبب فيروس HIV فيروس فقد المناعة. يوضح المخطط (أعلى اليمين) كيفية مهاجمة الفيروس لخلية ما ودفعها إلى إنتاج جسيمات HIV أخرى. يصاحب جزيئين من الـ RNA (الحمض الريبونووي) فيروس HIV مع أنزيم ترانسكريبت العكوسي (أنزيم الاستنساخ العكوسي)، حيث يرتبط الثلاثة في «غلاف» بروتيني. يغطي السطح الخارجي للفيروس «مقابض» من البروتين. (1): تلج الفيروسات القادمة الغشاء الخلوي. ينفجر الغلاف ناشراً RNA فيروسي وأنزيمات داخل الخلية. (2): يقوم الفيروس وأنزيم ترانسكريبت العكوسي بتحويل الـ RNA الفيروسي إلى DNA الذي ينفذ عبر الغلاف النووي للخلية. (3): يقوم أنزيم HIV آخر (إنتغريس) بلصق الـ DNA الفيروسي بخلية الـ DNA المضيفة؛ باستخدام الجزء المتبقي من الـ DNA الفيروسي تنتج الخلية جزيئات RNA أخرى تخترق السايتوبلازم. (4): وبذلك تدفع الريبوسومات لتصنيع بروتينات فيروسية جديدة. (5): تندمج هذه البروتينات مكونة فيروس HIV جديد يتحرر من الخلية المضيفة. (6): وينتقل لتلويث خلايا مضيفة أخرى.



اكتشاف الفضاء SPACE EXPLORATION

1975 يحط المسباران السوفيتيان *فنيرا 9* و*فنيرا 10* على سطح كوكب الزهرة ويبثان صوراً لسطحه.

1975 يلتحم مسبار وكالة الفضاء والطيران الأمريكية (ناسا) *أبولو 18* مع مسبار *سويوس 19* السوفيتي في مدار حول الأرض. تعرف العملية بمشروع أبولو سويوس التجريبي.

1975 تأسيس وكالة الفضاء الأوروبية (ESA) وتنجح في السنة الأولى في إطلاق مرصد كوز – B، الكاشف غاما، ووضعه في مدار حول الأرض. ينجح المرصد في الكشف عن 25 مصدرا لإشعاعات غاما خلال سنوات حياته السبع.



أطلق مسبار ناسا فايكنغ 2 عام 1976 وتبين الصور الملتقطة لسطح المريخ بأنه أرض جرداء مغطاة بصخور جلمودية هشة.

1976 يهبط مسبارا ناسا *فايكنغ 1* و*فايكنغ 2* بسلام على سطح المريخ ويبثان بيانات عن الكوكب وصورا لسطحه. يتضح من الصور أن تضاريس السطح تتكون في الغالب من الصخور والجلمود الهش.

1977 تطلق ناسا فويجر *1* و فويجر *2* نحو كوكب المشتري والكواكب الخارجية الأخرى.

المواصلات والهندسة TRANSPORTATION AND ENGINEERING

1976 دخول الطائرة فوق الصوتية كونكورد الخدمة. الطائرة إنتاج بريطاني فرنسي مشترك. تقوم طائرتان بأولى رحلات الكونكورد؛ الأولى بين باريس وريو دي جانيرو والثانية بين لندن والبحرين. تدشن رحلات الكونكورد إلى واشنطن العاصمة في وقتٍ لاحق من السنة نفسها.

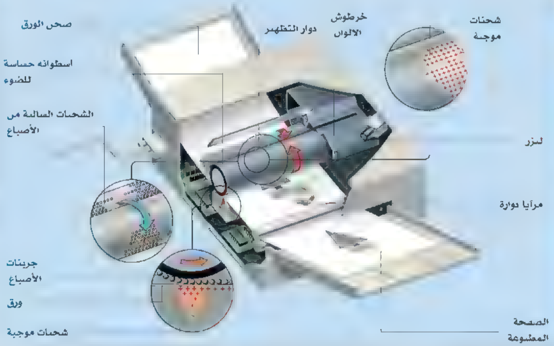
1976 ينتهي المهندسون الإنشائيون من حفر النفق التجريبي بطول 10.2 ميلا (16.4 كم) لبناء نفق يخترق ممر سانت غوثارد في جبال الألب السويسرية. يفتتح النفق بعد أربع سنوات ويمثل حينها أطول نفق أرضي في العالم.

1977 الانتهاء من تشييد متحف جورج بومبيدو للفنون والثقافة في باريس. شيد المبنى بدءاً من «الداخل» وانتهاءً بالواجهات الخارجية باستخدام قطع كبيرة من الكونكريت (الإسمنت المسلح)، وثبتت جميع الخدمات اللازمة – أنابيب شبكة المياة والصرف الصحي وممرات هواء التكييف وكوابل الطاقة– على الواجهة الخارجية.

1977 الانتهاء من تشييد جسر نهر غورج الجديد في لافايت بولاية غرب فرجينيا. احتل الجسر حينه لقب أطول جسر فولاذي مقوس في العالم بطول 1,699 قدما (518 م).

التكنولوجيا والاختراعات TECHNOLOGY AND INVENTION

على النسق الذي تعمل به آلات النسخ الضوئي، تقوم طابعات الليزر للحواسيب (ابتكرت عام 1975) باستخدام الشحنات الكهربائية الساكنة ومساحيق الألوان في الطباعة. يقوم شعاع ليزري، تتحكم به إشارات من الحاسوب، بمسح الصفحة بمعدل يتراوح بين 600 إلى 1,200 نقطة لكل بوصة. ينعكس الشعاع من على سطح مرآة سداسية الأوجة ليسقط على أسطوانة حساسة للضوء تاركاً بذلك شحنات ساكنة على المناطق التي تحتاج إلى حبر (أصباغ). تجذب المناطق المشحونة جسيمات سالبة الشحنة من الأصباغ وتثبت على صفحة الطباعة بواسطة الحرارة.



1975 تنتج شركة IBM الأمريكية طابعة ليزر للحواسيب. كما تنتج بعد سنتين طابعات الحبر النفثية.

1975 يسوق المهندس الأمريكي إدوارد روبرتس (1941–2010) أول حاسوب شخصي تجاري على هيئة طقم يجمعه المشتري أو وحدة مجمعة، ألتيرا 8800. (الجدير بالتنويه إلى أن روبرتس طبيب ممارس أيضا)

1975 يؤسس مبرمجا الحواسيب الأمريكيان بل غيتس (1955 –) وبول آلن (1953 –) شركة مايكروسوفت.

1975 تبدأ ناسا في مختبرات الدفع النفاث باستخدام تجهيزات الشحن المزدوج بدلاً من أفلام التصوير في التقاط الصور بواسطة المقاريب الفلكية.

1976 يؤسس مصمما الحواسيب الأمريكيان ستيفن جوبز (1955–2011) وستيفن ووزنياك (1950 –) شركة أبل للحواسيب. تنتج الشركة بعد سنة من تأسيسها المحرك القرصي للحواسيب الشخصية.



اكتشاف الفضاء SPACE EXPLORATION

1978 تضع ناسا المرصد الفلكي لدراسة الطاقة العالية (HEAO-2) في مداره حول الأرض. يعاد تسمية المرصد فيما بعد إلى مرصد آينشتين، ويضم أربعة مقاريب للأشعة السينية. يقوم المرصد خلال 30 شهرا برصد آلاف مصادر الأشعة السينية في الفضاء.

1978 وصول مسبار ناسا *بايونير فينوس* الفضائي إلى كوكب الزهرة. تقوم الكبسولة المدارية بالدوران حول الكوكب، بينما يُسقط حامل المسبارات أربعة منها في الغلاف الجوي له.

1979 يقترب مسبار *بايونير 11* من كوكب زحل ويبث إلى الأرض صورا عديدة.

1979 تطلق وكالة الفضاء الأوروبية أول صاروخ لها إيريان 1، من قاعدة غينيا الفضائية في غينيا الفرنسية.

1979 سقوط مختبر ناسا الفضائي *سكاي لاب 1* بعد ست سنوات من الخدمة في الفضاء. تتبعثر أجزاء المختبر على مناطق غرب أستراليا والمحيط الهندي.

تصور فنان (رسام) للمحسات المتعددة التي كانت على متن بايونير فينوس متعدد المجسات وهو يطلق المحسات الأربعة في الغلاف الجوي لكوكب الزهرة عام 1978.



المواصلات والهندسة TRANSPORTATION AND ENGINEERING

1977 يفوز المبتكر الأمريكي بول ماكريدي (1925-2007) بمبلغ 95,000 دولار لتشييده طائرة تعمل بقوة دفع بشرية (بالأرجل)، *غوسامير كوندور*. ويقوم محترف الدراجات الهوائية الأمريكي برايان ألن (1952 -) بقيادة الطائرة مسافة 1.15 ميلا (1.9 كم). كما يقوم ألن بأول طيران عبر القنال الإنجليزية بطائرة بقوة دفع بشرية بعد سنتين في الطائرة *غوسامير الباتروس*.

1978 يحلق منطاد الهيليوم الأمريكي *دوبل إيغل 2* عبر المحيط الأطلسي وعلى متنه ثلاثة طيارين.

1978 الانتهاء من تشييد أطول جسر عائم في العالم عبر نهر ديميرارا في غانا. يبلغ طول الجسر 6,074 قدما (1,851 م).

نفذت أول عملية طيران عبر القناة الإنجليزية بطائرة ذات قوة دفع بشرية عام 1979. قاد بريان ألن الطائرة غوسامير الباتروس في هذه الرحلة.



التكنولوجيا والاختراعات TECHNOLOGY AND INVENTION

1976 يدشن مهندسا الحواسيب الأمريكيان سيمور كري (1925-96) وجيمس فان تاسل الحاسوب الفائق كري 1-، ويعتبر حينها أسرع حاسوب في العالم.

1976 تستحدث شركة ماتسوشيتا اليابانية نظام الفيديو المنزلي (VHS) لخراطيش الفيديو.

1977 تطرح الشركة الأمريكية للنظم التفاعلية نظام تشغيل يونكس (UNIX) للحواسيب على المستوى التجاري. (ابتكر النظام عام 1969 بواسطة الشركة الأمريكية مختبرات بل).

1977 يطور علماء الحكومة الأمريكية القنبلة النيوترونية.

شكل حاسوب ابل 1، من إنتاج عام 1976، لوح دارة إلكترونية أساسية تمكن المستخدم من إضافة تجهيزات المخارج التي يشاء مثل شاشة التلفاز.

1978 يبتكر الجراح الأمريكي روبرت جارفك (1946-) القلب الاصطناعي جارفك -7.

1978 تستحدث الشركة البريطانية للبريد والبرق أول خدمة لعرض البيانات، بريستل.

1979 تدشين أول خط اتصال من الإلياف البصرية بين مدينتين في شرق أنجليا في إنجلترا.

1979 يؤدي حادث في محطة الطاقة النووية بمدينة ثري مايلز آيلند في ولاية بنسلفانيا إلى تسرب الإشعاع النووي من المفاعل.

1979 تطرح شركة ماتسوشيتا اليابانية شاشة البلورة السائلة المسطحة للاستقبال التلفازي.

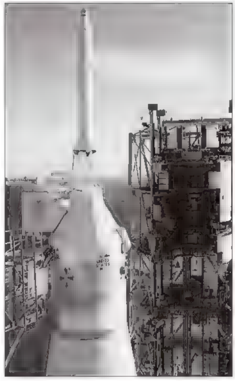
1979 تسوق شركة إريكسون السويدية أول هاتف خليوي (هاتف نقال)؛ تم تجربة شبكة الهواتف الخليوية في كل من طوكيو وشيكاغو.

1979 تدشن شركة مايكروبرو أول معالج نصوص للحواسيب الشخصية، ووردستار، باستخدام نظام تشغيل دوس (DOS).

1979 يبتكر كل من المهندس الهولندي جووب سنجو من شركة فيلبس والمهندس الياباني توشي تادا دو من شركة سوني الأقراص الرقمية المدمجة (CD). ابتكر المهندسان الأقراص مستقلين عن بعضهما. تستخدم الأقراص في البداية لتخزين بيانات الصور والموسيقا وتتبناها شركات صناعة الحواسيب في وقت لاحق كذاكرة للتخزين.

THE APOLLO PROGRAM برنامج أبولو (الفضائي)

تعهد الرئيس الأمريكي جون أف. كندي (1917 - 63) عام 1961 بأن تقوم الولايات المتحدة خلال عشرة أعوام بإنزال إنسان على سطح القمر. وفي يوليو عام 1969 أوفى رائدا فضاء أمريكيان بهذا العهد بهبوطهما على سطح القمر. كان الحدث ذروة سنام برنامج أبولو.



▲ لقطة عن قرب لمركبة *أبولو 8* على منصة الإطلاق. حمل الجزء العلوي من صاروخ ساترن 5 المركبة بمكوناتها. وتشمل هذه المكونات وحدة القيادة والخدمات ووحدة الهبوط بالإضافة إلى برج الهروب، الذي يمكن أن يندفع بعيداً حاملاً معه وحدة القيادة والملاحون في لحظة ظهور أي خطر بعد الاطلاق مباشرة.

تكونت المركبة الفضائية *أبولو 11* التي حملت الرواد إلى القمر من أربعة أقسام رئيسة. أول هذه الأقسام الصاروخ الضخم متعدد المراحل ساترن 5 الذي دفع المركبة برمتها إلى الفضاء. وضمت المركبة أيضا مركبة (كبسولة) وحدة القيادة، *كولومبيا*، التي احتضنت الرواد الثلاثة في رحلتهم إلى القمر. أما وحدة الخدمات فقد ثبتت تحت وحدة القيادة واحتوت على صواريخ الدفع الرئيسة للرحلة، وأخيراً وضعت وحدة (كبسولة) الهبوط على سطح القمر، *ايغل* (النسر)، تحتها. بعد وصول المركبة إلى مدارها حول الأرض انفصلت الوحدات الثلاث عن صاروخ الدفع الرئيس لتستمر في رحلتها نحو القمر. وبوصول المجموعة إلى مدارها حول القمر انفصلت وحدة الهبوط وعلى متنها إثنان من الرواد الثلاثة لتحط، كما كان مخططا لها، على سطحه في المنطقة المسماة ببحر السكينة. وبعد انتهاء الرائدين من مهمتهما على سطح القمر عادا إلى وحدة *الإيغل* (النسر) لتقلع وتلتحم مع وحدة القيادة المدارية. بدات بعدها وحدة القيادة بالعودة إلى الأرض لتحط في المحيط الهادئ بالباراشوت بعد ثمانية أيام من أقلاعها من سطح الأرض.

كان هدف رحلات أبولو السابقة لرحلة *أبولو 11* اختبار طرق الاطلاق والصواريخ وعمل الوحدات – تم الاختبار الأول في كيفية وضع المركبة في مدار حول الأرض ومن ثم الانتقال إلى مدار حول القمر– قبل القيام بعملية الهبوط النهائي. شهد شهر يناير عام 1967 أول رحلة مخططة لبرنامج أبولو، لكنها انتهت نهاية مأساوية بقتل ثلاثة رواد فضاء في الحريق الذي اندلع في المركبة خلال اختبار لمنصة الإطلاق. وعلى إثر هذه الكارثة قامت الإدارة (ناسا) بإطلاق ثلاث رحلات غير مأهولة قبل أن تطلق في أكتوبر 1968 مركبة *أبولو 7* وعلى متنها ثلاثة رواد لتدور حول الأرض 163 مرة في عملية تجربة لوحدة القيادة. وبعد شهرين أقلت المركبة *أبولو 8* ثلاثة رواد آخرين أنجزوا مهمة الدوران حول القمر عشر مرات. وفي شهر مارس عام 1969 تم اطلاق *أبولو 9* لإجراء التجارب على وحدة الهبوط بعد وضع المركبة في مدار حول الأرض، لتستكمل التجربة على الوحدة في مايو 1969 بوضع *أبولو 10* في مدار قريب من سطح القمر.

وأخيرا جاء دور *أبولو11* الذي اطلق في يوليو عام 1969 وعلى متنه الملاحون نيل آرمستورنغ (1930 –) وأدوين (بز) الدرن (1930 –) ومايكل كولنز (1930 –) الذي وصل القمر دون توقف أو تعقيدات. حط الراندان آرمستورنغ والدرن على سطح القمر في العشرين من يوليو وقضيا ساعتين قاما خلالهما بالتقاط الصور وجمع العينات. رفع الاثنان علم الولايات المتحدة على سطح القمر وخلفا وراءهما لوحة تخلد هبوطهما التاريخي على سطح.

أعادت المركبة *أبولو 12* في نوفمبر عام 1969 مسار رحلة *أبولو 11* ، لكن رحلة *أبولو 13* كادت أن تنتهي بكارثة عندما أدى انفجار في وحدة الخدمات إلى قطع الطاقة والأكسجين عن وحدة القيادة. عاد ملاحو المركبة إلى الأرض بعد أن استقروا في وحدة الهبوط لينتقلوا إلى وحدة القيادة قبيل الدخول الآمن للمركبة في الغلاف الجوي للأرض. وتكفلت رحلات أبولو التالية بوضع أجهزة أكثر على سطح القمر والقيام بمسح تفصيلي لسطحه وجمع عينات أخرى لجلبها إلى الأرض. أطلقت *أبولو 15* في يوليو عام 1971 وحملت إلى القمر عربة طوافة (مركبة أرضية) استخدمت للانتقال على سطحه، وكان آخر رحلات برنامج أبولو المأهولة



تواريخ مفصلية

1967 يناير موت ثلاثة رواد فضاء من برنامج أبولو في حريق شب على الأرض.

1968 أكتوبر نجاح *أبولو 7* بأخذ مداره حول الأرض.

1968 ديسمبر دوران *أبولو 8* حول القمر.

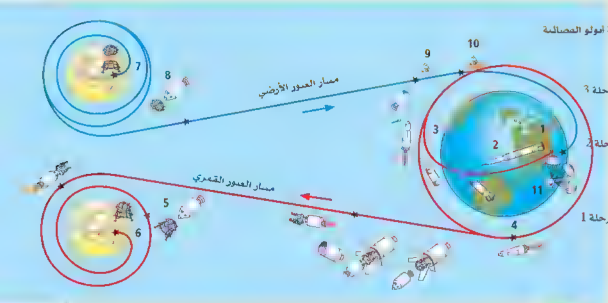
1969 مارس اختبار وحدة الهبوط في *أبولو 9* بعد اتخاذه مداره حول الأرض.

1969 مايو اختبار وحدة الهبوط في *أبولو 10* بعد اتخاذه مداره حول القمر.

1969 يوليو هبوط *أبولو 11* على سطح القمر.

أبولو 11

انطلقت مركبة *أبولو 11* من مركز جون اف. كنـدي للفضـاء فـي 16 يوليو عـام 1969. أطلقـت المراحـل الثـلاث لصاروخ سـاترن 5 بالتتابـع (1، 2، 3) لوضـع المركبـة في مدارهـا حول الأرض وكذلك إطلاق وحدات المركبة الأخرى في مسارها الانتقالي نحو القمـر (4). عنـد اسـتقرار الوحـدات فـي مدارهـا القمـري انفصلـت وحـدة الهبوط عـن وحدة القيادة (5) وهبطت على سـطح القمـر (6). بعد انتهاء المهمة اقلع الجزء العلـوي مـن وحـدة الهبـوط (7) والتحـم بوحـدة القيادة مرة أخـرى (8)، التي قامت باتباع مسارها نحو الأرض. بعد نمت وحدة الهبـوط (9) دخلـت وحدة القيـادة الغلاف الجـوي لـلأرض (10) لتهبـط باسـتخدام الباراشوت في المحيط الباسيفكي (11).







▲ تخطيط وضع وحدات الخدمات و القيادة والهبوط لوضع المركبة في مداره حول القمر.

إلى القمر رحلة مركبة ناسا *أبولو 17* في ديسمبر عام 1972. بلغـت تكاليف رحلات أبولو الإجماليـة 25 بليون دولار أمريكي وبحسبة بسيطة يمكن القول أن الكتل الصخرية التي جلبت من القمـر والبالغة 842 رطلا (382 كجم) كلفت الأونصة الواحدة منها 1.8 مليون دولار!



▶ صـورة وحـدة القـيادة لمركبة *أبولو 10* ملتقطة من وحـدة الهـبوط بعد انفصالهما واستقرار وحدة الهبوط في مداره حول القمر في 22 مايو 1969. لم تحط وحدة الهبوط على سطح القمر، نظراً لأن هدف الرحلة كان اختبار آليات الالتحام.

أسـرار القمـر
THE MOON'S SECRETS

منذ أن صوب العالم الإيطالي غاليليو غاليلي (1564 - 1642) مقرابه نحو القمر عام 1610 شمر الفلكيون سواعدهم لمعرفة المزيد والمزيد من أسراره. وقد ساعد التصوير الضوئي وابتكار المقاريب عالية القدرة ساعد في هذا المسعى؛ بيد أن حلول عصر الفضاء خلال الستينيات من القرن العشرين مكّن الفلكيين من إرسال أجهزتهم –وفي النهاية البشر– إلى سطح القمر.

نشر رسام الخرائط الفنلندي مايكل لانغرينوس (1600 – 75) والفلكـي البولندي يوهانز هيفيلوس (1611 – 87) أول خريطـة للقمـر وذلـك خـلال النصـف الأول مـن الاربعينيات من القرن السـابع عشـر. وكان الفلكي الألماني يوهان شـميدت (1825 – 84) آخر من أنتج خارطة تفصيلية لسـطح القمر يدوياً مسـتعيناً بالرصد المباشـر وذلك عام 1878، بعدها سيطر التصويـر الضوئـي على السـاحة. التقط العالـم الأمريكي الإنجليـزي الأصل جون دريبـر (1811 – 82) أوائل الصور الضوئية للقمر عام 1840، وخلال فترة وجيزة أخذ الفلكيون يستعينون بالأطالس المصورة للقمر.

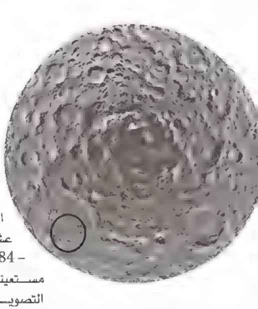
يُعـزى إلى العلماء السـوفييت السـبق فـي النجاح في محاولات إرسـال الأغراض إلى القمـر عام 1959. فقد قام المسـبار الفضائي *لونك 1* بعبور جو القمر، وتهشم المسبار *لونك 2* بعد سقوطه على سطحه، كما تمكن *لونك 3* من اتخاذ مدار له حول القمر وإرسـال صـور للجانب البعيد منه. وكما كان متوقعاً، ظهر الوجه البعيد (المعتم) مماثلاً للوجه القريب (المضيء) ولكن مع وجود عدد أقل من الأخاديد على السطح. جـاء أول نجـاح أمريكي من خـلال رحلات وكالـة الفضاء والطيران الأمريكية (ناسا) التي أطلق عليها رحلات الرينجر.

فقد نجحت رحلات *رينجر 7* عام 1964 والمسباران *رينجر 8* و*رينجر 9* عام 1965 في إرسال 17,000 صورة فيديو لسطح القمر قبل سـقوطهما على سـطحه واصطدامهمـا به. كما التقط المسـبار السوفييتي *زوند 3* عام 1965 صوراً للجانب البعيد من القمر.

في عام 1966 نجح المسـبار السوفييتي *لونا 9* (أعيدت تسمية برنامج لونك بعد المسبار *لونك 3* إلى «لونا») بالهبوط بسـلام على سطح القمر، كما تصدر المسبار *لونا 10* قائمة المركبـات الفضائيـة التي اتخـذت مداراً لها حـول القمر. وجاء الرد المباشـر للنجاح السوفييتي من ناسا بنجاح جميع مركبات رحلات سـيرفير السبعة بالهبوط الآمن. وبالإضافة إلى الصور التي ارسـلتها مركبات سـيرفير أرسـل المسبار *سـيرفير 1* لعام 1966 بيانـات فيزيائية لتـراب القمر، كما أضافـت أربع رحلات أخرى عدداً كبيراً من الصور إلى البوم ناسـا القمري (أضيفت 86,471 صورة إلى الألبوم). تميزت مركبات سيرفير بوجود آله تصوير فيديو قابلة للتوجيه تستمد طاقتهـا الكهربائيـة اللازمة من زوج من الألواح الشمسـية. التقطـت آلات التصوير صوراً للسـطح عن قرب علاوة على مناظر عامة له. وباستخدام أجهزة أخرى تمت دراسة خواص السـطح وقيـاس الكميات ذات الصلة لتحديـد إمكانية دعم السـطح لهبوط وحدة أبولو القمرية ومن ثَم إقلاعها. شملت القياسـات مدى تحمـل التربة وكذلـك خصائصها الحرارية (قدراتهـا على امتصاص الحـرارة) وخصائصهـا البصرية (القـدرة على انعكاس الضوء منها). (بعد ثلاث سـنوات، في نوفمبـر عـام 1969 تحديـداً، حط *أبولو 12* فـي المنطقة المسـماة محيط العواصف على بعد حوالي 600 قدم (183 م) من موقع هبوط المسـبار *سـيرفير 3*. وقام ملاحو أبولو باسـتعادة آلات تصوير سـيرفير وإعادتها إلى الأرض لإجراء الأختبارات عليها).

قامـت المركبات المدارية الخمس لرحلات لونار التابعة لناسا خلال الفترة 1966–1967 بمسح ورسم غالبية أجزاء سـطح القمر بحثاً عـن المواقع المناسـبة للهبوط المرتقب لرحلات أبولو. اكتشـفت هذه الرحـلات أيضا وجود مناطق لتجمعات كتلية (مناطق عالية الكثافة) – تتميز بعجلة تثاقلية كبيرة مما يؤثر على المركبات المدارية عند مرورها عليها.

احتل المسـبار السـوفييتي غير المأهـول *زوند 5* عام 1968 قصب سـبق باعتبـاره أول مركبـة فضائية تنجح في الـدوران حـول القمر ومن ثـم العودة إلـى الأرض (نجحت المركبات *زند 6* و*زند 7* و*زند 8* في مهمات مماثلة) . وبذلك دشـن الأمريكيون والسوفييت برامجهم لإرسـال إنسان إلى



▲ اكتشف حوض شرودنغر (في الأعلى، أسفل اليسار) في الجانب البعيد من القمر. أثبتت الصور التي التقطها مسبار ناسا *كليمنتين* عام 1994 أن بعض الأخاديد، بما في ذلك حوض شرودنغر، من أصل بركاني.

تواريخ مفصلية

1959 يقوم المسبار السوفيتي *لونك 1* بالتحليق على مقربـة مـن القمـر. ويصطـدم *لونك 2* بسطحه وينجح *لونك 3* في اتخاذ مدار حوله.

1964-5 نجاح رحلات *رينجر 7* و8 و 9 فـي إرسـال صور لسطح القمر.

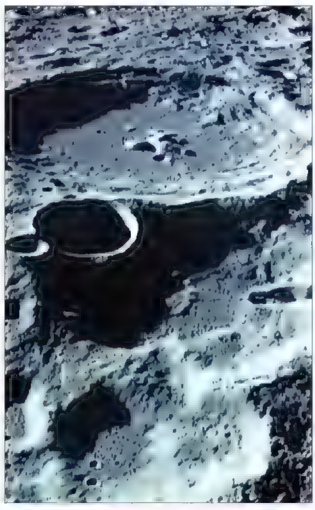
1966 ينجـح المسـبار السـوفييتي *لونا 9* في الهبـوط الآمـن علـى سـطح القمـر ويتمكن *لونـا 10* مـن الدوران حوله.

1966-7 قيـام رحلات ناسـا أوربيترز برسـم خرائط لسطح القمر.

1966-8 الهبوط الآمن لمسبار ناسا سيرفير.

1968 نجـاح المسـبار السـوفييتي *زونـد 5* غير المأهول في اتخاذ مداره حول القمر.

1969 دوران *أبولـو 10* حـول القمر وهبوط *أبولو 11* و*أبولـو 12* المأهولين على سطحه.



◀ صورة للجانب البعيد من القمر التقطها ملاحو *أبولو 11* وتظهر الشكل الأجرد المموج للسطح الذي يشبه إلى حد بعيد سطح الجانب القريب من القمر. يبلغ قطر الأخدود الكبير في منتصف الصورة حوالي 50 ميلا (80 كم).



▲ الهبوط الآمن لمسبار ناسا *سيرفير 3* على سطح القمر في إبريل عام 1967. تبين الصورة قيام ملاح *أبولو 12* بفحص *سيرفير 3* بعد عامين من سقوطه. تظهر في خلفية الصورة وحدة الانزال القمري.

القمر. لكن النجاح في السباق كان من نصيب ناسا خلال السنة نفسها بنجاح *أبولو 8* بحمل ثلاثة رجال في مدار حول القمر والعودة بسلام إلى الأرض. كما قامت *أبولو 10* بالدوران حول القمر عام 1969، قبل أن تنجح *أبولو 11*، ومن بعدها *أبولو 12*، بإنزال رواد الفضاء على سطحه. وقد وفرت هذه الرحلات، إضافة إلى أربع رحلات أبولو أخرى حطت لاحقاً على سطح القمر، كنزاً من العينات والبيانات العلمية. وقد بيّن تحليل هذه البيانات أن عمر القمر حوالي 4.5 بليون سنة، ويقارب عمره بذلك عمر الأرض نفسها. ومن هذا المنظور قوي احتمال تكوّن القمر من مخلفات مواد الأرض عندما إصطدم كويكب بحجم الكوكب مع قشرة الأرض حديثة الولادة.

يُعزى وجود غالبية الأخاديد على سطح القمر إلى إصطدام كويكبات وشهب به– إذ لايوجد غلاف جوي للقمر يساعد على أبطاء سرعة هذه الأجرام السماوية. لكن مسبار ناسا *كليمنتين*، التابع لبرنامج الدفاع الاستراتيجي الأمريكي، التقط صوراً لأخدود بركاني في الجانب البعيد من القمر خلال مسحه الكامل لسطحه عام 1994. ومن بين الاكتشافات الجديدة اكتشاف الجليد تحت الأرض على مقربة من قطبي القمر، الذي كشف عنه مسبار *لونار بروسبكتور* عام 1998.

الأعلام 1950-1979 ميلادي
KEY PEOPLE 1950-1979 A.D.

الأعلام المكتوبة أسماؤهم بالحروف الغامقة كتبت عنهم فقرات في هذا الجزء من المجلد أو في جزء الأعلام في مجلدٍ آخر. أما المدونة أسماؤهم بالأحرف *الغامقة والمائلة* فلهم مقالات خاصة ضمن المجموعة.

باردين، جون (1908-91)

جون باردين فيزيائي أمريكي ولد في مدينة ماديسون بولاية وسكونسن. حصل على إجازته الجامعية الأولى في الهندسة الكهربائية من جامعة وسكونسن عام 1931، وحصل على درجة الدكتوراه في الفيزياء الرياضية من جامعة برنستون عام 1936. عمل لفترة مساعد باحث بجامعة هارفارد قبل انتقاله عام 1938 إلى جامعة منسوتا. التحق خلال الحرب العالمية الثانية بمختبرات الذخائر التابعة للبحرية الأمريكية ومن ثم بمختبرات بل عام 1945. عين باردين عام 1951 أستاذاً للفيزياء والهندسة الكهربائية بجامعة إلينوي واستقر في منصبه حتى عام 1975.

تعاون خلال عمله في مختبرات بل مع كل من وليام **شوكلي** (1910-89) **وولتر براتين** (1902-87)، وأثمر هذا التعاون بإنتاج ترانزستورالوصلة النقطي عام 1947. كما تعاون مع الفيزيائيين الأمريكيين ليون كوبر (1930-) وجون شرايفر (1931-) في جامعة إلينوي لتكلل جهود الباحثين الثلاثة في صياغة نظرية BCS (باردين - كوبر - شرايفر) المتعلقة بظاهرة الموصلية الفائقة. وبناءً على هذه الاسهامات في العلوم شارك باردين الإثنين جائزتي نوبل في الفيزياء.

بارنارد، كريستيان (1922-2001)

كريستيان نيثلنغ بارنارد جراح جنوب إفريقي وهو أول من أجرى عملية ناجحة لزراعة القلب. حصل على درجة الطب في كلية كيب تاون للعلوم الطبية والتحق بالعمل باحثاً في الولايات المتحدة قبل عودته إلى كيب تاون عام 1958 ليعين في مستشفى غروت شور. أجرى بارنارد عمليات القلب المفتوح وقام عام 1967 بنقل قلب متبرع وزراعته في صدر لويس وشكانسكي الذي كان يبلغ من العمر 54 عاما. توفي المريض بعد 18 يوما من العملية من التهاب رئوي يحتمل إن سببه إبطاء جهاز مناعته نتيجة للعقاقير التي أعطيت له لمنع رفض الجسم للقلب المزروع. كما زرع بارنارد قلباً عام 1968 في صدر فيليب بليبرغ الذي عاش بقلبه الجديد مدة 563 يوما.

بكشي، جورج فون (1899 - 1972)

جورج فون بكشي عالم في الفيزياء الحيوية أمريكي الجنسية من أصل هنغاري تركزت أبحاثه بالدرجة الأولى على العلوم ذات الصلة بحاسة السمع. ولد في بودابست ودرس الكيمياء بجامعة بيرن في سويسرا ليلتحق بعد تخرجه بالخدمة العسكرية. بعد انتهائه من فترة التجنيد التحق بكشي بجامعة بودابست لدراسة البصريات الطبيعية ليحصل عام 1923 على درجة الدكتوراه منها. عمل في الفترة من عام 1924 إلى عام 1946 في المختبرات التابعة لمكتب البريد الهنغاري. عين عام 1939 أستاذاً للفيزياء التجريبية بجامعة بودابست حيث بقي هناك حتى عام 1946. هاجر بكشي إلى الولايات المتحدة وعمل بوظيفة مساعد أول بجامعة هارفارد في الفترة من 1949 إلى 1966. انتقل إلى جامعة هاواي في الوظيفة نفسها واستقر هناك حتى وفاته.

بعد فترة من العمل على الاتصالات الهاتفية عبر المسافات الشاسعة اتجه بكشي إلى دراسة آلية عمل قوقعة الأذن، العضو الملتوي في الأذن الداخلية المسؤول عن الإحساس بالسمع. اكتشف بكشي عام 1960 آلية تحفيز الموجات الصوتية لجهاز كورتي عند سقوطها عليه والذي يقوم تبعاً لذلك بإطلاق نبضات عصبية تنتقل على امتداد الأعصاب السمعية إلى الدماغ.

بل بورنل، جوسلين (1943-)

سوزان جوسلين بل بورنل (تلقب بلقب ني بل) بريطانية تخصصت في علم الفلك الراديوي ونجحت مع المشرف العلمي عليها أنتوني هيووش (1924-) في اكتشاف أول بلسار (نجم نابض). ولدت في بلفاست عاصمة إيرلندا الشمالية ونالت تحصيلها العلمي بجامعة غلاسكو وجامعة كيمبردج التي منحتها درجة الدكتوراه عام 1968. خلال دراستها في كيمبردج رصدت بل بورنل مع مشرفها العلمي أنتوني هيووش عام 1967 إشارة راديوية طول موجتها يساوي 3.7 م تبث من الفضاء الخارجي، والتي تبين أن مصدرها بلسار (نجم نيوتروني) يدور بسرعة كبيرة. كان هذا أول رصد للنجوم النابضة وأطلق مسمى CP 1919 عليه. كما نجحت بل بورنل خلال الأشهر التالية في رصد ثلاثة بلسارات أخرى. بالإضافة إلى ذلك عملت بل بورنل بعد تخرجها بوظيفة باحث مشارك بجامعة ساوثهامبتون لدراسة إشعاعات غاما، لتنتقل عام 1974 لدراسة علم الفلك السيني في مختبر مولارد لعلوم الفضاء في لندن وتنتقل عام 1982 إلى المرصد الملكي في أدنبره لتدير مقراب جيمس كرك ماكسويل في هاواي. احتلت بل بورنل منصب أستاذٍ في الفيزياء في الجامعة المفتوحة (بريطانيا) في ملتون كينز لمدة عشر سنوات، كما خدمت رئيسة للجمعية الفلكية الملكية خلال الفترة 2002-2004.

بلاك، جيمس (1924-2010)

جيمس وايت بلاك عالم في الكيمياء الحيوية ابتكر عدداً من العقاقير التي تعمل على منع تفاعلات محددة في الجسم تسبب أعراضاً غير مرغوب فيها. تخرج عام 1946 من كلية الطب بجامعة سانت آندروز في إسكتلندا. عمل مدرساً في عدد من الجامعات قبل أن يلتحق عام 1958 بالهيئة الإمبراطورية للصناعات الكيميائية بوظيفة صيدلاني متقدم. عين عام 1964 رئيساً لدائرة الأبحاث الحيوية في مختبرات سميث وكلاين وفرنش، ثم انتقل عام 1978 إلى مختبرات ولكوم للأبحاث. كما عين عام 1984 أستاذاً في علم الأقرابازين التحليلي في كلية الطب التابعة لجامعة كنجز كولدج في لندن.

تمثل أول نجاح لبلاك في ابتكاره عام 1962 عقار نيثلايد المانع لتفاعلات بيتا ويؤدي إلى إراحة المريض من مرض توتر القلب ويستخدم علاجاً للمصابين بالذبحة الصدرية وكذلك في علاج ضغط الدم (ارتفاع ضغط الدم وتسارع نبضات القلب بشكلٍ غير اعتيادي). يعمل العقار على منع محفزات مستقبلات بيتا (النهايات العصبية) في النظام العصبي السمبثاوي. ثم ابتكر عقار بروبرانولول الشبيه بالعقار الأول. خلال عمله مع سميث وكلاين وفرنش ابتكر عام 1972 أدوية تعمل على

تثبيط إفراز الأحماض في المعدة – بروموماميد والسيميتدين. يستخدم العقاران في علاج القرحة المعدية وقرحة المعي الإثني عشرية.

براتين، وولتر (1902 – 87)

وولتر هاوزر براتين فيزيائي أمريكي وأحد أفراد الفريق الذي ابتكر الترانزستور. ولد في مدينة أموي في الصين وترعرع في ولاية واشنطن. نال تحصيله العلمي في جامعتي أوريغون ومنسوتا حيث حصل على درجة الدكتوراه عام 1929. عمل بوظيفة باحث فيزيائي في شركة بل حتى عام 1967 (تخللتها فترة انقطاع خلال الحرب العالمية الثانية حين ركز اهتماماته البحثية على ابتكار نظام مغناطيسي للكشف عن الغواصات). بعد تقاعده عن العمل التحق للتدريس بكلية وتمان في واشنطن حيث استمر في أبحاثه على الدهونيات الفسفورية (جزيئات كبيرة تمثل جزءاً كبيراً من الغشاء الخارجي للخلية).

اهتم براتين بالبحث في خصائص أشباه الموصلات، مثل الجرمينيوم، وبخاصة قدرتها على العمل كمقوّم (تغيير التيار المناوب إلى تيار مباشر). أثمر تعاونه عام 1947 مع كل من الفيزيائيين **وليام شوكلي** (1910–89) **وجيمس باردين** (1908–91) بابتكارهم ترانزستور الوصلة النقطي. استخدم الترانزستور في تكبير الاشارات الكهرومغناطيسية واحتل مكان أنابيب التفريغ التي كانت تستخدم في الدارات الإلكترونية.

كالفن، ملفن (1911–97)

ملفن كالفن كيميائي أمريكي له الفضل في اكتشاف دورة التفاعلات الكيموحيوية في عملية التمثيل الضوئي، وهي العملية التي تستخدم النباتات الخضراء بواسطتها طاقة الشمس لتحويل غاز ثاني أكسيد الكربون والماء إلى غذاء. ولد كالفن في مدينة سانت بول بولاية منسوتا. حصل على الإجازة الجامعية الأولى عام 1931 في الكيمياء من كلية متشغان للتعدين والتكنولوجيا، وعلى درجة الدكتوراه بعد أربع سنوات من جامعة منسوتا. التحق بعد تخرجه بجامعة مانشستر بإنجلترا حيث عمل مع الكيميائي الإنجليزي من أصل هنغاري **مايكل بولاني** (1891–1976)، وبدأ اهتمامه بدراسة الكلوروفيل (اليخضور) هناك. انتقل عام 1937 إلى جامعة كاليفورنيا في بيركلي ليستقر هناك باستثناء الفترة التي عمل فيها في مشروع مانهاتن (لصنع القنبلة النووية) في لوس ألاموس خلال الحرب العالمية الثانية. عين كالفن عام 1946 مديراً لمختبر لورنس للإشعاع في بيركلي، وتقلد عام 1971 منصب الأستاذية في الكيمياء في الجامعة.

بدأ كالفن دراسته للكوروفيل خلال الأربعينيات من القرن العشرين مستخدماً طحلباً أخضر اللون يعرف بطحلب *الكلوليرا*. عرض كالفن الطحلب في الظلام لغاز ثاني اكسيد الكربون (معلم بنظير الكربون 14 المشع) وتتبع الإشعاع في عدد من المركبات العضوية قبل وصوله إلى سكر الفلكوز. واكتشف أن تعريض الطحلب إلى الضوء لفترة قصيرة ينتج عنه انتقال الإشعاع إلى المركبات الفوسفوورية، التي يتحرر بعضها بعد ذلك ليساهم في إعادة الدورة.

كوكريل، كريستوفر (1910 – 99)

كريستوفر سدني كوكريل مهندس إنجليزي ابتكر الطوافة، وتسمى أيضا مركبة الوسادة الهوائية. تخرج من جامعة كيمبردج عام 1931 والتحق بالعمل في شركة هندسية. وبعد سنتين من العمل باحثاً في مجال الموجات الراديوية في كيمبردج انتقل للعمل في شركة ماركوني مركزاً جهوده على أجهزة الترددات العالية ومن بعد ذلك على نظم الملاحة الجوية والرادار خلال الحرب العالمية الثانية. أنشأ كوكريل عام 1950 شركته الخاصة في نورفولك برودز (لسان مائي في شرق إنجلترا)، وعمل على ابتكار طريقة لزيادة سرعة القوارب «بتشحيمها» بوسادة هوائية تفصل بدن القارب عن سطح الماء. نجح عام 1955 في تصنيع نماذج للطوافة وسجل براءة اختراع الفكرة. ارتكز تصميم كوكريل على إحاطة أطراف القارب بستار هوائي ينتج عن دفع الهواء عبر شقوق ضيقة في البدن محفورة بميل نحو الداخل. كما استخدم التصميم مراوح ضخمة لتوفير المعدل المناسب لانسياب الهواء، وتدير المراوح محركات توفر الطاقة لما يشبه مراوح دفع الطائرات تعمل على تحريك القارب إلى الأمام. ويتم توجيه القارب بتغيير زاوية ميل مراوح الدفع أو باستخدام دفة عمودية شبيهة بالدفة الموجودة في مؤخرة ذيل الطائرة.

صنفت الحكومة البرطانية الابتكار لفترة قصيرة ضمن الابتكارات السرية نظراً لاحتمال تطبيق الفكرة في المجالات العسكرية، وبعد رفع السرية اخذت شركة ساوندرز– رو لصناعة القوارب الطائرة الفكرة والتي أزاحت الستار عام 1959 عن نموذج الطوافة SR-NI. بلغ وزن النموذج 3.8 طنا (3.5 طن متري) وكان يتسع لأربعة أفراد وتبلغ سرعته القصوى 29 ميلا في الساعة (46 كم / ساعة). ورغم أن ارتفاع الطوافة عن سطح الماء لم يزد عن 9 بوصات (25 سم) كان بإمكانها عبور الطرق المائية والأرضية على حد سواء. وبتثبيت طوق هوائي على الجوانب الخارجية أصبح بمقدرة SR-NI «الطفو» فوق حاجز بارتفاع 3 أقدام (1 م) وبسرعة تعادل ضعفي السرعة الأصلية. توجد اليوم طوافات أكبر حجماً بكثير من النموذج الأصلي يمكنها الطفو بعدد يبلغ 420 فردا وبسرعة تقارب 62 ميلا في الساعة (100كم/ ساعة). كما تستخدم القوات العسكرية الطوافات كقوارب مراقبة وبخاصة في مناطق المستنقعات المائية والأراضي الجليدية.

إيكرت، جون (1919 – 95)

جون برسبر إيكرت الإبن مهندس حواسيب أمريكي إبتكر وشيد بعض أوائل الحواسيب الإلكترونية خلال نهايات العقد الرابع وبدايات العقد الخامس من القرن العشرين. ولد في مدينة فيلادلفيا ونال تحصيله العلمي الجامعي في جامعة بنسلفانيا التي تخرج منها بدرجة في الهندسة الإلكترونية وعين فيها مساعد باحث. التحق للعمل معه عام 1943 مهندس الحواسيب الأمريكي **جون موتشلي** (1907–80) وعمل الإثنان خلال السنوات التالية على إنتاج حاسوب ENIAC (المكامل العددي والحاسوب الإلكتروني) لحساب المؤسسة العسكرية. ومقارنة بالحواسيب الحديثة كان حاسوب ENIAC ضخماً للغاية يزن 30 طنا (27 طن متري) ويستخدم 18,000 أنبوب تفريغ. طور الإثنان حاسوبهما إلى آله تخزين معلومات قابلة للبرمجة تحت مسمى EDVAC (الحاسوب الإلكتروني للمتغيرات غير المتصلة) ثم أنشئا شركتهما الخاصة عام 1946. وبعد تغيير اسم الشركة عام 1948 إلى شركة إيكرت – موتشلي للحواسيب قدمت الهيئة الوطنية للمعايير للشركة طلباً لتصنيع الحاسوب الآلي العالمي يونيفاك (UNIVAC). دشن يونيفاك 1 عام 1951 ويعتبر أول حاسوب أنتج على المستوى التجاري في الولايات المتحدة – صنعت الشركة 46 حاسوباً من هذا النوع. بيعت الشركة عام 1950 إلى شركة رمنغتون راند.

إيلون، جيرترود (1918 – 99)

جيرترود بيلي إيلون عالمة كيمياء حيوية أمريكية ابتكرت عدداً من العقاقير الطبية «المُعدة سلفا». ولدت في مدينة نيويورك لأبوين مهاجرين روسيين (كان ابوها طبيب أسنان) وتخرجت عام 1937 بدرجة في الكيمياء من كلية هنتر. التحقت بعد عامين بكلية الدراسات العليا بجامعة نيويورك، وكانت تمتهن التدريس خلال دراستها الماجستير والتي حصلت عليها عام 1941. عملت في الصناعات الغذائية لفترة قبل أن تعين مساعداً لعالم الكيمياء الحيوية الأمريكي **جورج هتشنغز** (1905–98) في بوروز ولكوم في مدينة توكاهو بولاية نيويورك. عينت رئيسة لوحدة العلاج التجريبي عام 1967 وبقيت في هذا المنصب حتى عام 1983 حين تقاعدت وعينت عالماً شرفيا.

استخدم الباحثان، إيلون وهتشنغز، مادة البيريمدين لإعداد عقاقير لمكافحة أمراض الملاريا (بريميثامين، عام 1950) واللوكيميا (ميركابتو بيورين أو MP-6، عام 1951) ومرض النقرس (ألوبيورينول عام 1963) والهربس (أسيكلوفر عام 1974). كما ابتكر الاثنان عقاقير لتثبيط نظام المناعة في الجسم مثل أزاثيوبرين الذي يستخدم لمنع رفض الجسم للأعضاء المزروعة، علاوة على ابتكارهما المضاد الجرثومي ترميثوبرم (1956). استعين خلال الثمانينيات من القرن العشرين بالمبادىء التي استخدمتها إيلون لإنتاج عقار اسيكلوفر في تطوير عقار AZT (أزيدوثمدين) المستخدم لعلاج مرض الأيدز.

فولر، ريتشارد بكمنستر (1895 - 1983)

ريتشارد بكمنستر فولر مهندس ومعماري أمريكي تستند شهرته إلى تصاميمه القباب الجيوديسية. ولد في مدينة ملتون بولاية ماتساتشوستس لأب يعمل مهندساً معماريا. أهل تعليميا في الهندسة لكنه التحق بأعمال والده في البناء بعد الحرب العالمية الأولى. مع ارتفاع معدل الزيادة السكانية في الولايات المتحدة خلال العقد الثاني من القرن العشرين ابتكر فولر نظام البيت الدايماكسني الجاهز والمتميز برخص تكاليف بنائه وقابليته للنقل من مكان إلى آخر. حصل على براءة اختراع تصاميم القباب الجيوديسية، التي ابتكرها عام 1947، عام 1954. يتكون الشكل الجيوديسي من مخطط يحتوي نقاطاً تتصل مع بعضها عبر أقصر المسافات فيما بينها. ويعني ذلك بلغة العمارة قبة كروية الشكل مصنوعة من دعامات إنضغاطية من مادة قليلة الكثافة، وتُغطى القبة بغطاء بلاستيكي في العادة. ونظرا لعدم وجود أعمدة داخلية يستند عليها المبنى، يوفر التصميم مساحة كبيرة داخل الهيكل وبيئة يمكن التحكم بها. صمم فولر إحدى أكبر تصاميمه لجناح الولايات المتحدة في معرض إكسبو 67 في مونتريال. وخلال 30 سنة من الابتكار شيدت أكثر من 300,000 قبة جيوديسية في عددٍ كبيرٍ من الدول.

جل – مان، ميوري (1929 -)

ميوري جل – مان عالم فيزياء نظرية أمريكي اشتهر لاكتشافه جسيم كوارك تحت الذري. ولد في مدينة نيويورك لأبوين مهاجرين من النمسا. التحق بجامعة ييل وهو في الخامسة عشرة من العمر ثم التحق بمعهد ماتساتشوستس للتقانة (MIT) التي حصل منها على درجة الدكتوراه عام 1951. عين عضو هيئة تدريس في معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا (كال تك) في باسدينا بكاليفورنيا عام 1955 وأصبح أستاذ كرسي مليكان للفيزياء النظرية عام 1967 وظل في هذا المنصب حتى تقاعده عام 1993.

استلهم جل – مان دراسة الجسيمات تحت الذرية من ظاهرة الطبيعة الشاذة لجسيم ميزون كاو، الذي بينت القياسات المخبرية أن عمر النصف له أطول بكثير مما يمكن حسابه نظريا. ولتفسير هذا التناقض الظاهري طرح جل – مان نظريته "الأوجه الثمانية" عام 1961 (استوحى المصطلح من القواعد الرئيسة للبوذية ومن الأعداد الكمية الثمانية اللازمة لتحديد حالة جسيم ما)، وتعتمد النظرية على ترتيب الجسيمات تحت الذرية على شكل قائمة أو جدول. أشار جل – مان في هذا الصدد إلى فجوة في جدوله يجب أن يحتلها الجسيم تحت الذري غاما – سالب. وتم اكتشاف هذا الجسيم الناقص عام 1964. كما اقترح عام 1964 وجود جسيمات اساسية أدق أطلق عليها مسمى الكوارك، والتي تحمل شحنة تساوي كسوراً من شحنة الإلكترون (ثلث أو ثلثين) وتنتج الجسيمات تحت الذرية الأخرى باتحاد كواركين أو ثلاثة كواركات.

هتشنغز، جورج (1905 - 98)

جورج هيربرت هتشنغز عالم كيمياء حيوية أمريكي طور العديد من الأدوية الجديدة. ولد في مدينة هوكيام بولاية واشنطن لأب يمتهن العمارة في سلاح البحرية الأمريكية، ونال تحصيله العلمي في جامعة واشنطن. التحق بسلك التدريس بجامعة هارفارد التي حصل منها على درجة الدكتوراه عام 1933. التحق للعمل في مختبرات بوروز ولكوم عام 1942 وعين بعد سنوات هناك نائب الرئيس لشئون الأبحاث.

عين عام 1944 عالمة الكيمياء الحيوية الأمريكي **جيرتريود إيلون** (1918 – 99) مساعدة له، وأثمرت الشراكة بين الاثنين حصولهما على جائزة نوبل. ولمعرفة قائمة ببعض العقاقير التي اكتشفها مع مساعدته راجع سيرة إيلون في الصفحة 47 من هذا المجلد.

هودجكن، دوروثي (1910 – 94)

دوروثي ماري كراوفوت هودجكن كيميائية إنجليزية استعانت بتقانات تصوير البلورات بالأشعة السينية والحواسيب الأولية لتحديد تركيب عددٍ من الجزئيات العضوية المهمة. ولدت في القاهرة بمصر ونالت تحصيلها العلمي في جامعة أكسفورد. بعد حصولها على درجة الدكتوراه في علم المعادن من جامعة كيمبردج عادت عام 1935 إلى جامعة اكسفورد واستقرت هناك لتحتل في الفترة من 1960 إلى 1977 منصب الأستانية في الأبحاث. بدأت هودجكن عملها على مادة الكلوسترول الغرائية وحصلت على نتائج مهمة عام 1945 بتوصلها إلى بناء نموذج ثلاثي الأبعاد للمضاد الحيوي البنسلين. وفي عام 1955 نجحت في تحديد تركيب السايانوكوبلامين (فيتامين B_{12})، كما استعانت عام 1969 بالحواسيب المتطورة حينها لمعرفة تركيب هرمون الأنسولين، وهو بروتين غاية في التعقيد.

كندرو، جون (1917 - 97)

جون كاودري كندرو متخصص في علم الكيمياء الحيوية إنجليزي الجنسية له فضل اكتشاف التركيب الكيميائي لبروتين المايوغلوبين العضلي. ولد في مدينة أكسفورد بإنجلترا وتخرج من جامعة كيمبردج عام 1939 بدرجة في العلوم الطبيعية. أسس عام 1946 مع عالم الكيمياء الحيوية الإنجليزي من أصل نمساوي **ماكس بيروتز** (1914 – 2002) وحدة مجلس الأبحاث الطبية للبيولوجيا الجزيئية بجامعة كيمبردج. وعلى نسق ماكان يستخدمه بيروتز استخدم كندرو التصوير بالأشعة السينية للبلورات لتحديد تركيب البروتينات المعقدة. بحلول عام 1957 نجح كندرو في التوصل إلى الشكل العام لبروتين المايوغلوبين، كما نشر بعد ثلاث سنوات التركيب ثلاثي الأبعاد له. تقلد كندرو منصب المدير العام للمختبرات الأوروبية في البيولوجيا الجزيئية خلال الفترة من 1975 وحتى 1982.

كومبفنر، رودولف (1909 – 77)

روولف كومبفنر مهندس كهربائي من مواليد النمسا لكنه عاش وعمل في إنجلترا والولايات المتحدة. ابتكر أنبوب الموجات المرتحلة، وهو جهاز إلكتروني يستخدم في تكبير الموجات الميكروويّة (الصُغرية). ولد ودرس في العاصمة النمساوية فيينا وانتقل إلى إنجلترا عام 1934. درس الهندسة الإلكترونية والفيزياء بينما كان مديراً لشركة للبناء. سجل عام 1937 براءة أختراع جهاز استقبال للتلفاز. سُجن بسبب جنسيته خلال الحرب العالمية الثانية وأُطلق سراحه بعد سته أشهر فالتحق للعمل مع مجموعة من مهندسي الرادار بجامعة بيرمنغهام. وأدى عمله في هذا المجال إلى استلهامه عام 1945 فكرة ابتكار أنبوب الموجات المرتحلة.

التحق كومبفنر عام 1951 بالعمل في مختبرات بل في الولايات المتحدة واستمر في العمل على أنابيب الموجات الميكروويّة. ابتكر خلال هذه الفترة مهتز الموجات العكسي (الرجعي) المتكون من دارة مهتزة يمكن توليف ترددها ضمن مدى واسع من ترددات الموجات الميكروويّة. وبالتعاون مع الفيزيائي الأمريكي جون بيرس (1910 – 2002)

صمم أول تابع صُنعي للاتصالات، *إيكو1*. كان التابع من النوع السلبي وأطلقته وكالة الفضاء والطيران الأمريكية (ناسا) عام 1960: صنع التابع على شكل منطاد قطره 98 قدمــا (305 م) مغطى بالألمنيوم ليعكس الموجات الميكروويــة التي تبث نحوه. كما عمل المهندســان في تشييد التابع التفاعلي *تلستار* الذي أطلق عام 1962. احتوى *التلستار* على 1,000 ترانزســتور وعلى أنبوب الموجات المرتحلة العامل بالطاقة الشمسية لتكبير الاشارات 10,000 مرة.

كورنبيرغ، آرثر (1918 - 2007)

آرثــر كونبيــرغ عالم كيميــاء حيويــة أمريكي قدم إسهامات مهمــة في فهــم الــ DNA (الحمض الديوكســي الريبو النــووي) و مركباتــه المختلفة. ولــد في منطقــة بروكلين بمدينــة نيويورك وتخرج فــي الكيمياء وعلوم الحياة من جامعة ســتي كولدج عام 1937، كما درس الطب في جامعة روتشســتر. قاد خلال الفترة مــن عام 1942 إلى 1953 فريقاً بحثيــاً في الأنزيمات فــي المعهد الوطنــي للعلوم الصحية في بثيســدا بولاية ميريلاند وعين أستاذاً في الميكروبيولوجيا بجامعة واشــنطن في ســانت لويــس. عين عــام 1959 رئيســاً لقســم الكيمياء الحيوية بجامعة ســتانفورد. خلال عمله في جامعة واشــنطن ركــز كورنبيرغ فــي أبحاثه على دراســة بكتيريا *إشيريشيا كولي* الموجود في أمعاء الجهاز الهضمي. نجح في فصل أنزيم الـ DNA بوليمريز المسؤول عن تصنيع جزيء الـ DNA من مركباته. أصبح كورنبيرغ عام 1967 أول من نجح في تصنيع الـ DNA للفيروسات.

ليكي، لويس (1903 - 72)

لويس ســيمور بازيت ليكي عالم أنثروبولوجيا كيني اكتشــف مع زوجته ماري (1913 – 96) اكتشافات مهمــة في إفريقيا لأحافير بشــرية تعتبر أســلاف الجنس البشــري الحديث. أثبــت الزوجان أن زمن ظهور الإنســان أبعــد بكثير ممــا كان يعتقد حينه، كمــا أثبتا أن مركز تطوره القــارة الإفريقية، وليس آســيا كما استنبط من مكتشفات ســابقة. ولد في كينيا حيث عمل والداه مبشــرين ودرس في جامعة كيمبــردج بإنجلتــرا. عمــل في عدد مــن المعاهد البريطانيــة والأمريكيــة قبل أن يعــود عام 1945 إلى العاصمــة الكينية نيروبي أمينــاً عاماً لمتحف كوريندون ميموريال. اكتشــفت زوجتــه ماري عام 1948 في جزيرة بمنطقة بحيرة فكتوريا أحافير لما يشبه الغوريلا عرف بمسمى *بروكونسول أفريكانوس* ودلت الدراســات على أنه يعود إلــى ما يقارب 20 مليون سنة.

قــام الزوجان بغالبية عمليــات التنقيب في منطقة أوردافيا غورج في تنزانيــا، مركزين اهتمامهما في البحث عن أحافير لأسلاف الإنسان. اكتشفت ماري ليكي عام 1959 أجزاء من جمجمة لشــبه إنســان أطلقــا عليه مُســمى *زنجانثروبس بويــزي*، وأعيد تسميته إلى *أوسترالوبيثوكس بويزي*. كما كشف إبنها الأكبر جوناثان (1940–) النقاب بعد عام عن بقايا إنســان *هومو هابليس*، واكتشفت ماري عام 1961 بقايا أخرى لهذا الإنســان. ويعود تاريخ هذه البقايا إلى ماقبل 1.75 مليون سنة إلى 2 مليون سنة.

اكتشفت ماري عام 1976، بعد وفاة زوجها، اكتشافاً مثيــرا. فخلال تنقيبها في حــوض للرماد البركاني علــى مقربة مــن بحيرة لاتولي فــي تنزانيا أماطت ماري اللثام على آثار طبع أقدام لشــبه إنسان. وتم اســتنتاج أن هذه الآثار تعود لشــخص بالغ ولطفل من فصيلة شــبه الإنســان منتصب القامة، ســلف من أســلاف الإنســان يعود إلى ما قبل 3.5 مليون ســنة ويرجح أن يكون من فصيلة *أوســترالوبيثكس أفارنتســيس*. وحمل ابن ماري الأخر، **ريتشارد ليكي** (1944–) الإرث العلمــي للعائلة وأهم اكتشــافاته «صبي توركانا» (1984) الذي اكتشــفه في منطقة كوبــي فــورا على ضفاف بحيــرة توركانــا (بحيرة رودولف حينها) فــي كينيا. ويعود تاريخ الصبي إلى ما قبل 1.6 مليون ســنة ويصنف ضمن النوع *هومو إريكتوس* (الإنسان منتصب القامة).

ليكي، ماري (1913 - 96)

أنظر لويس ليكي

موتشلي، جون (1907 - 80)

جــون وليام موتشــلي مهنــدس حواســيب أمريكي شــيَّد بعضاً من أولى الحواســيب الإلكترونية. ولد في مدينة سنســناتي بولاية أوهايــو لأبٍ فيزيائي. تخصص في دراسة الفيزياء بجامعة جونز هوبكنز، والتحق بعد تخرجه بســلك التدريس في فيلاديلفيا لفتــرة قصيرة قبل إنضمامه عــام 1943 إلى هيئة التدريس بجامعة بنسلفانيا. تعاون في هذه الجامعة في مع **جون إيكرت** (1919 – 95) لتشييد حاسوب إينــاك ENIAC لوزارة الدفاع الأمريكية (المكامل العددي الإلكتروني والحاســوب)، وكذلك آله أخرى برمجة ثابتة أطلق عليها مُسمى إدفاك EDVAC (حاســوب المتغيرات المتقطعة الإلكتروني). أسس المهندسان عام 1946 شــركتهما الخاصة لتصنيع وتســويق الحواســيب (أعيد تسمية الشــركة عام 1948 إلى شــركة إيكرت – موتشــلي للحواسيب). قامت الشركة عام 1951 بإنتاج الحاسوب يونيفاك UNIVAC 1،1 وهو أول حاسوب يسوق تجاريا.

ماكلنتوك، باربارا (1902 - 92)

باربارا ماكلنتــوك عالمة وراثة أمريكية ومكتشــفة الترانســبوزونات الملقبة شــعبياً بلقــب «الجينات النطاطة». ولدت في مدينة هارتفورد بولاية كونكتكت لأب يمتهن الطب، ودرســت في منطقة بروكلين بعد انتقــال عائلتهــا إلى مدينة نيويورك. درســت علوم الحيــاة في كلية الزراعــة بجامعة كورنيــل ابتداءاً من عــام 1919 وتخرجت عــام 1923 ثم حصلت على الدكتوراه عــام 1927. بقيت بعد تخرجها في جامعة كورنيل إلــى أن التحقت عام 1936 بجامعة ميزوري حيث عينت أستاذاً مشاركاً هناك. وانتقلت عام 1941 للعمل في مختبرات كولد ســبرنغ هاربر في نيويورك.

بدأت ماكلنتوك دراســة الجينات أوائل العقد الثالث من القرن العشــرين مســتخدمة الذُرة (الكوز) في أبحاثها نظراً لامتلاكها عشــرة كروســومات كبيرة. ركزت في أبحاثها في كولد ســبرنغ هاربر على تتبع مجموعة من الطفرات الجينية المســببة للتغير في صبغيــات النباتات وينتج عنها تغير في لون عرنوس الذرة (الجزء الخشــبي من الكوز). لتفسير اختلاف معــدل حدوث الطفرات إفترضــت ماكلنتوك وجود «عنصري تحكــم» بالإضافة إلى الجينات نفســها. ونَظَّــرَت بــأن أحــد العنصرين يقوم بعمــل مفتاح لتشــغيل وإيقــاف جينــات الصبغية القريبــة. أما العنصــر الآخــر، الموجود على مســافة أبعد على الجين نفســه، فيقــوم بالتحكم في معدل تشــغيل وإيقــاف الجين الأول. علاوة على ذلك يمكن لهذين العنصرين الانتقــال لمواضع مختلفــة على الجين كمــا يمكنهما الانتقــال الى كروموســومات أخرى. أطلقت ماكلنتوك عام 1951 على العنصرين مسمى «ترانسبوزون»، وســرعان ما عرفا شعبياً «الجنيات النطاطة». وقد اكتشــف العنصران في كائنات أخرى فيما بعد.

موزبار، رودولف (1929 - 2011)

رودولف لودفغ موزبار فيزيائي ألماني التصق اسمه بظاهرة موزبــار. ولد في ميونخ ودرس الفيزياء في الجامعــة التكنولوجية هناك التــي تخرج منها عام 1954. تقلــد منصب الأســتاذية فــي الفيزياء في ميونخ قبل انتقاله إلى معهد كاليفورنيا للتكنولوجيا (كال تك) في باســادينا عــام 1961 ليحتل منصباً مماثلا.

اكتشــف ظاهرة موزبار خلال دراسته للحصول على درجة الدكتــوراه في معهد **ماكس بلانك** للأبحاث الطبيــة في مدينة هايدلبيــرغ. فعندما تطلق النواة شــعاع غامــا ترتد النــواة، ممــا يؤثر علــى طول موجة أشــعة غاما المنبعثة. اكتشف موزبار إمكانية

«تثبيت» النواة في شبكة بلورية تحت درجات حرارة منخفضة فينتج عن ذلك امتصاص البلورة لقوة الارتداد وبالتالي عدم تأثر أشعة غاما المنبعثة من النواة. تمثل ظاهرة موزبار أساس الأبحاث الطيفية لنوى الذرات، التي تستخدم في دراسة مستويات الطاقة لهذه النويات وكذلك الروابط الكيميائية بين الذرات.

أوورت، يان (1900 - 92)

يان هندريك أوورت فلكي هولندي اكتشف سحابة أوورت، وهي منطقة تقع على حافة النظام الشمسي تصدر منها المذنبات التي تتخذ لها مدارات حول الشمس. ولد في مدينة فرانكير لأبٍ يمتهن الطب ونال تحصيله العلمي بجامعة غرونتجن. انتقل إلى جامعة ييل لفترة قصيرة عاد بعدها ليلتحق بالهيئة التدريسية بجامعة ليدن في هولندا. تقلد منصب الأستاذية في علم الفلك عام 1935 وعين عام 1945 مديراً لمرصد ليدن.

برهن أوورت عام 1927 على دوران مجرتنا (الطريق الحليبي) - مثلما تفعل بقية المجرات الحلزونية- كما برهن أن الشمس تكمل دورة واحدة حول مركز المجرة خلال زمن يعادل 225 مليون سنة، وأنها تبعد عن مركز المجرة مسافة 30,000 سنة ضوئية. كما إستقرأ بعد خمس سنوات حتمية وجود كتلة معتمة كبيرة في مجرتنا نظراً لأن مجموع كتل جميع النجوم المرئية تعادل نصف الكتلة الكلية للمجرة. استخدم أوورت في نهايات الاربعينيات من القرن العشرين علم الفلك الراديوي الحديث حينها لمساعدته في أبحاثه. اكتشف أوورت أهم انجازاته عام 1950 بطرحه نظرية وجود خزان للمذنبات يحتل منطقة كروية الشكل عند حافة مجرتنا. تمتد هذه المنطقة في الفضاء مايقارب ثلث المسافة بين الشمس وأقرب نجم لها وتحتوي على 750 (تقريبا) من المذنبات ذات الزمن الدوري الطويل البالغ 200 سنة.

بيروتز، ماكس (1914 - 2002)

ماكس فيرديناند بيروتز عالم في الكيمياء الحيوية بريطاني الجنسية من أصل نمساوي اكتشف تركيب الهيموغلوبين، الصبغة الحمراء في الدم. ولد في فيينا وحصل على شهادة في الكيمياء من جامعتها. هاجر عام 1936 إلى إنجلترا والتحق بجامعة كيمبردج لدراسة حيود الأشعة السينية. منح شهادة الدكتوراه عام 1940 لأبحاثه على البروتين. احتجز لفترة قصيرة بسبب جنسيته الأصلية في بداية الحرب العالمية الثانية وأودع السجن في جزيرة مان لفترة وفي كندا لفترة أخرى. عاد إلى إنجلترا عام 1941 والتحق بمجموعة من العلماء تعمل ضمن نشاطات المجهود الحربي أنشأ علم 1946، وبالتعاون مع **جون كندرو** (1917 - 97)، مختبراً للبيولوجيا الجزيئية بجامعة كيمبردج، واستمر مديراً للمختبر حتى عام 1962.

يحتوي جزيء الهيموغلوبين على أكثر من 10,000 ذرة، ولذلك استغرق تحديد تركيبه فترة طويلة امتدت حتى عام 1959 حين نشر بيروتز نموذجاً مجسماً له. يأخذ جزيء الهيموغلوبين شكل رباعي السطوح يضم أربع سلاسل بروتينية طويلة وأربع مجموعات من الهيم (مركبات اليورفرين الحديدي) على السطح (اليورفرين الحديدي جزيء معقد من الحديد يحتوي حلقات أربع). ركز بيروتز جهوده على تحديد التغيرات في شكل الهيموغلوبين الناتجة عن العلل المختلفة التي تصيب الدم.

بولاني، مايكل (1891 - 1976)

مايكل بولاني كيميائي إنجليزي من أصل هنغاري ركزت أبحاثه الرئيسة على دراسة معدلات التفاعلات الكيميائية. ولد في العاصمة الهنغارية بودابست ونال عام 1913 إجازة في الطب من جامعتها. عمل في معهد القيصر فلهلم في برلين خلال الفترة من 1920 إلى 1923، ثم انتقل للعمل تحت إشراف **فرتز هابر** (1868–1934) في معهد الكيمياء الفيزيائية. غادر إلى إنجلترا عام 1933 وعين أستاذاً للكمياء بجامعة مانتشستر. تحول في اهتماماته البحثية عام 1998 إلى مجال العلوم الاجتماعية وانتقل عام 1958 إلى جامعة أكسفورد حيث استقر هناك.

شملت أبحاث بولاني الأولى في برلين استخدام ظاهرة حيود الأشعة السينية في دراسة الألياف. ثم عكف لمدة 25 سنة على الأبحاث المتعلقة بالنظرية الحركية للتفاعلات الكيميائية (معدلات التفاعلات الكيميائية). ايد بولاني نظرية حالات العبور: تنص على وجود «جزيء» عالي الطاقة، المنشط المعقد، في جميع التفاعلات الكيميائية والذي ينتج ويتلاشى بشكل مستمر خلال العملية. وبذلك يمكن القول بأن التفاعل يمر عبر « قناة» هذا الجزيء المعقد الذي يتحكم في معدله. حول بولاني اهتماماته بداية من عام 1948 إلى القضايا الفلسفية والثقافية متخذاً في غالب الأحيان مواقف جدلية للغاية. وقام بولاني بعد عام 1950 برحلات عديدة منتظمة إلى الولايات المتحدة، واعترف به خلال الأعوام الخمسة والعشرين الأخيرة من حياته في أمريكا الشمالية وإنجلترا عَلَماً من أعلام السياسة وفلسفة العلوم.

سانجر، فريدريك (1918-2013)

فريدريك سانجر عالم في الكيمياء الحيوية إنجليزي الجنسية ركزت أعماله الرئيسة على دراسة البروتينات والأحماض النووية (مثل الـ DNA). ولد في جنوبي غرب إنجلترا لأبٍ يمتهن الطب ودرس بجامعة كيمبردج التي تخرج منها عام 1939، ثم حصل على درجة الدكتوراه عام 1943. عمل بجامعة كيمبردج طيلة حياته وانتقل عام 1951 إلى مجلس الأبحاث الطبية (في كيمبردج أيضا)، وبقي في هذا المنصب حتى تقاعده عام 1983.

عمل سانجر خلال الأربعينيات من القرن العشرين على تحديد الترتيب الكامل للأحماض الأمينية على امتداد السلاسل الببتيدية التي تشكل البروتينات. نجح بحلول عام 1955 في تحديد ترتيب 51 حمضاً أمينياً في جزيء الأنسولين المستخلص من الماشية (كان هذا النوع من الأنسولين يوصف في الغالب لمرض السكري). الأنسولين بروتين لكن تركيبه الدقيق يختلف اعتماداً على مصدره. استمر سانجر في أبحاثه على الأنسولين مركزا على معرفة الفروقات بين المستخلص منه من الخنازير والجياد والغنم والحيتان. وباستخدام النتائج التي توصل إليها سانجر عكف كيميائيون آخرون على إنتاج الأنسولين الاصطناعي في المختبرات.

حول سانجر اهتماماته إلى دراسة الحمضين النويين الـ RNA و الـ DNA. توصل سانجر ومساعدوه عام 1977 إلى تحديد الترتيب الكامل لعدد 5,400 قاعدة (نيوكليوتيدات) في الجديلة الدائرية في DNA إحدى الفيروسات. كما نجحت المجموعة في حل ترتيب 17,000 قاعدة من قواعد الـ DNA المعروفة بالميتوكوندريا (أجسام سبحية). أصبح سانجر عام 1980 أول شخص يحصل على جائزتي نوبل في حقل واحد (حصل على الجائزة الأولى عام 1958 لاسهاماته في دراسة الأنسولين، كما شارك وولتر جلبرت عام 1980 بنصف الجائزة المخصصة للكيمياء لعملهما في تحديد ترتيب القواعد في الأحماض الأمينية).

سيبورغ، غلن (1912 - 99)

غلن ثيودور سيبورغ متخصص في علم الكيمياء الفيزيائية أمريكي الجنسية ورائد الكيمياء النووية وتطبيقاتها في إنتاج العناصر الجديدة ولد في أشبمنغ بولاية متشغان ونال تحصيله العلمي بجامعة كاليفورنيا في لوس أنجلوس. تخرج عام 1934 وانتقل لدراسة الدكتوراه بجامعة بيركلي التي حصل منها على درجة الدكتوراه عام 1937. عين عام 1946 أستاذاً في بيركلي وعين رئيساً للجامعة خلال الفترة من عام 1958 إلى عام 1961. تقلد منصب رئيس الوكالة الأمريكية للطاقة الذرية من عام 1961 إلى 1971.

قاد سيبورغ مجموعته أوائل الأربعينيات من القرن العشرين لدراسة العناصر ما بعد اليورانيوم (العناصر الواقعة في الجدول الدوري بعد

اليورانيــوم، أي أكبر في العدد الــذري عن 92 في الجــدول الــدوري للعناصر). أنتج عالمــا الكيمياء الفيزيائيــة الأمريكيان إدوين ماكميــلان (1907–91) وفيليــب ابلســون (1913–2004) عام 1940 أول هذه العناص، النبتونيــوم (العنصر 93)، وذلك باســتخدام ســايكلترون بيركلي. تم تخليق العنصر بقذف نظير اليورانيوم – 238 بوابل من النيوترونات البطيئة. اســتخدم سيبورغ عام 1940 السايكلترون لقذف اليورانيــوم بالديوتيريوم (أيونات الديوتيريوم أو الهيدروجين الثقيــل) ونجح في إنتاج البلوتونيوم (العنصر 94). ونظــراً لأن البلوتونيوم عنصر قابل للانشطار استخدم عام 1945 لإنتاج أول قنبلة ذرية (نووية). كما عمل ســيبورغ ضمن فريق مشروع أول قنبلة ذرية وكذلك في تشــييد أول مفاعل نووي في شــيكاغو عام 1942 ضمــن المجموعة التي قادها **إنريكو فيرمي** (1901–54).

اســتمر ســيبورغ مع مجموعتــه في إنتاج سلســلة العناصــر مابعد اليورانيوم واتضــح أنها كلها فلزات مشعة. وبالتعاون مع ألبرت غيورسو (1915–2010) نجح ســيبورغ عــام 1944 في جامعة شــيكاغو في إنتاج عنصر الأميرســيوم (العنصر 95) بقذف نظير البلوتونيــوم – 239 بالنيوترونــات، كما أنتجا خلال الســنة نفسها عنصر الكيوريوم (العنصر 96) بقذف البلوتونيوم – 239 بجسيمات ألفا. عاد سيبورغ إلى بيركلــي عــام 1946 وركز اهتمامه على اســتخدام جســيمات ألفا لإنتــاج عناصر جديــدة، لتكلل هذه الجهــود بإنتاج عنصر البيركيليوم (العنصر 97) عام 1949 وعنصــر الكاليفورنيــوم (العنصــر 98) عام 1950. اســتمر فريق سيبورغ في اسهاماته باكتشاف عنصــر الأينشــتينيوم (العنصــر 99) والفيرميــوم (العنصــر 100) عــام 1955. وباكتشــاف عنصــر سيبرغيوم (العنصر 106) عام 1974 أصبح سيبورغ أول شخصية على قيد الحياة يُسمى عنصر باسمها.

سيغري، إميليو (1905 – 89)

إميليــو جينو ســيغري فيزيائي أمريكــي من أصل إيطالي اكتشــف عدداً من العناصــر الجديدة. ولد فــي تيفولــي على مقربة من روما ودرس الهندســة والفيزيــاء بجامعة روما ونال شــهادة الدكتوراه عام 1928. تتلمذ فــي الجامعــة على يــد الفيزيائي الأمريكــي الإيطالي الأصل **إنريكو فيرمي** (1901–54) وعمــل معه بعد تخرجه حتى عام 1936 عندما عين مديــراً لمختبرات الفيزيــاء بجامعة باليرمو. نظراً لمعارضة ســيغري للنظام الفاشي في إيطاليا فُصل عن العمل عام 1938 «لأســباب سياســية». وعلى إثر ذلك هاجر ســيغري إلى الولايات المتحدة والتحق بجامعة كاليفورنيا في بيركلي حيث اســتقر هنــاك حتى عام 1972، وتخلل تلك الفترة إنقطاعه عــن العمل خلال فترة الحرب العالمية الثانية، التي قضاهــا فــي لوس آلامــوس ضمن فريق مشــروع مانهاتــن الــذي أنتج أول قنبلة ذرية. عُين ســيغري أستاذاً بجامعة بيركلي عام 1946.

توفــرت لســيغري عــام 1937 عينــة مــن عنصر المولبدينيــوم الذي تــم قذفــه بالديوترونات (نوى الديوتيريوم) في سايكلترون بيركلي. وبتحليل العينة مــع مســاعده كارلــو بيرييــر (1886–1948) تم اكتشــاف آثار لعنصــر جديد أطلقا عليه مُســمى ماســوريوم. وأعيد تسمية العنصر عام 1947 إلى تكنيتيوم (إشتقاقا من المفردة الإغريقية تكنيتوس، التــي تعني الاصطناعــي) ونظراً لأنــه أول عنصر منتــج اصطناعيــا. يحمل التكنيتيــوم العدد الذري 43، وباكتشــافه أغلقت «فجوة» في الجدول الدوري للعناصر. كما اكتشــف ســيغري، بعد استقراره في الولايات المتحدة، عنصري الأستاتين والبلوتونيوم. اكتشف سيغري والفيزيائي الأمريكي أوين تشامبرلين (1920– 2006) عام 1955 ضديد البروتون، وذلك باســتخدام معجل الجســيمات البيفاترون بجامعة كاليفورنيا بقــذف النحاس بوابل مــن البروتونات. ولضديد البروتون كتلة تســاوى كتلــة البروتون لكن شحنته سالبة (عكس شحنة البروتون).

شوكلي، وليام (1910–89)

وليــام بدفورد شــوكلي فيزيائي أمريكــي إنجليزي المولد ترتكز شــهرته على ابتكاره الترانزستور. ولد في لندن لأبٍ أمريكي يمتهن هندسة التعدين وترعرع في كاليفورنيا. حصل على الإجازة الجامعية الأولى مــن معهد كاليفورنيــا للتكنولوجيــا (كال تك) عام 1932 ونال درجــة الدكتوراه عام 1936 من جامعة هارفــارد. التحــق للعمل بمختبرات بل في الســنة نفســها. عمل خلال فترة الحــرب العالمية الثانية مديراً لأبحاث مضادات الغواصات في المركز التابع للبحرية الأمريكية.

تعاون خــلال عمله في مختبرات بل مع الفيزيائيين الأمريكييــن **جــون باردين** (1908–91) و **وولتــر براتيــن** (1902–87). اكتشــف الثلاثــة، في بداية عصر أشــباه الموصلات، أن الســيليكون المحتوي على آثار بعض الشــوائب يصلح بشــكل أفضل مما كان متوفــراً لتصنيع المقومات (جهاز لتحويل التيار المتناوب إلى تيار مباشــر). واكتشــفت المجموعة أيضاً تميز أشــباه الموصلات بعدم الحاجة لدارات حراريــة، مثلما هو الأمر مع أنابيب التفريغ شــائعة الاســتخدام أيامهــا. وبإضافة توصيلــة ثالثة على شــكل إبرة إلى المادة شــبه الموصلــة (جرمانيوم) أبتكر الثلاثة ترانزســتور الوصلة. يمكن اســتخدام الترانزستور لتكبير التيار الكهربائي (مثل استخدام انبــوب الصمــام الثلاثي، ترايود). اشــتق مُســمى «الترانزســتور» من مفردتي نقــل (ترانز) ومقاومة (رزســتور)، أي نقل المقاومة. ومقارنة بالصمامات يتميز الترانزستور بحجمه الصغير واستخدامه لتيار أقل لتشغيله وعدم الحاجة إلى الانتظار فترة زمنية لتســخينه قبل التشغيل. شكلت المزايا هذه نموذجاً مثالياً – بل أساسياً- لاستخدام الترانزستورات في الحواسيب الإلكترونية التي كانت تشيَّد أيامها، كما شاع في وقت لاحق إطلاق مفردة «الترانزستور» على اجهــزة المذياع المحمولة التي أدخل الترانزســتور في تصميمها.

توصل شــوكلي عام 1948 إلى تسجيل براءة اختراع ترانســتور الوصلة بوضع طبقة من نوع من أشــباه الموصلات بين «شــطيرة» مــن نوعين آخرين. عين شــوكلي عام 1963 أســتاذاً في الهندســة بجامعة ســتانفورد. خلال منتصف الخمسينيات من القرن العشــرين أسس شــركته الخاصة، لكن لم يحالفها النجاح. وخلال الستينيات من القرن العشرين دخل شــوكلي في قضايا جدلية اتخذ فيها مواقف تربط الــذكاء بالعرق مما أفقــده الكثير من أصدقائه في الوسط العلمي.

وودوورد، روبرت (1917 – 79)

روبــرت بيرنــز وودورد كيميائــي أمريكي اشــتهر لإنتاجه اصطناعياً عدداً كبيراً من مركبات عضوية حيويــة ذات أهمية كبيرة. ولد في بوســطن ودرس الكيميــاء في معهــد ماساتشوســتس للتكنولوجيا (MIT)، كمــا حصــل علــى درجة الدكتــوراه من الجامعــة نفســها عام 1937. التحــق بعد حصوله الدكتوراه بجامعة هارفارد واستقر بقيه حياته ليشغل منصب أستاذ كرسي في العلوم عام 1960.

جاءت أولى انتصارات وودورد عام 1944 بتصنيعه ترياق الكوينين المضاد للملاريا باستخدام العناصر الأوليــة للمركب. وتضم القائمــة الطويلة للمركبات التــي صنعهــا بعــد ذلــك الكلوســترول (1951) والكورتيزون (1951) وحمض اللايزرجيك (1954) والسترايتشــنين (1954) والرســبرين (1956) والكلوروفيــل (1960). بدأ عــام 1966، وبالتعاون مــع الكيميائي الأمريكي السويســري الأصل ألبرت إشــنموزر (1925–)، بــدأ مهمــة تصنيــع الأنزيم المصاحب المعقد سانو كوبالامين (فيتامين B_{12}). نجح الاثنان في مهمتهما عام 1971. كما تعاون مع الكيميائــي الأمريكي البولندي الأصل **رولد هوفمان** (1937–) فــي صياغة قواعــد وودورد – هوفمان المتعلقــة بتكون نواتج معينة في تفاعلات المركبات العضوية

معجم المصطلحات

GLOSSARY

اختصارات

ولد: (لشخص متوفٍ لا يعرف عنه إلا تاريخ ولادته).

حوالي: (السنة التي ولد أو توفي فيها الشخص تقديرياً).

توفي: (لشخصٍ متوفٍ لا يعرف عنه إلا تاريخ وفاته).

تاريخ بين حاضنتين يتبعه خط (-)، : مثلاً بل غيتس 1955 – ، يعني أن الشخص مازال حياً عند كتابة هذا المؤلف.

اشتهر: (لشخص لا يعرف تاريخ ولادته أو وفاته)

الناقل الـ RNA
Transfer RNA
جزيء RNA صغير يتحد مع حمض أميني معين وينقله إلى الريبوسومات.

إلكترون Electron
جسيم تحت ذري سالب الشحنة.

أنتيجن (مضاد جيني) Antigen
راجع مضاد الجسيمات.

انزياح أحمر Redshift
زيادة طول موجة لخط طيفي بسبب ابتعاد المصدر عن الراصد أو حركة الراصد بعيداً عن المصدر.

انصهار نووي Nuclear Fission
عملية دمج نواتين أو أكثر من نوى العناصر لتنتج عنصراً أثقل

انفجار عظيم (نظرية)
Big Bang Theory
نظرية حول أصل الكون مقبولة على نطاق واسع في الأوساط العلمية طورها الفلكي البلجيكي جورج ليماتر (1894 – 1966). مفاد النظرية أن الكون بدأ على هيئة «ذرة أولية» أدى انفجارها إلى تمدده، ومازال لتمدد مستمرا

إي. أس. ايه ESA
اختصار لوكالة الفضاء الأوربية، وتضم 15 دولة أوربية في إطار تعاونها في استكشاف الفضاء.

أيون Ion
ذرة أو مجموعة ذرات موجبة أو سالبة الشحنة الكهربائية نتيجة لفقدانها أو اكتسابها إلكترونات (على التوالي) خلال تفاعل كيميائي. (المترجم- يمكن أيضاً تأيين الغازات بطرق فيزيائية).

بروتون Proton
جسيم تحت ذري موجب الشحنة موجود في نوى الذرات. (راجع نواة الذرة)

بروتين Protein
مادة معقدة تتكون من الأحماض الأمينية. البروتين مادة أساسية لجميع الكائنات الحية

بلسار (نجم نابض) Pulsar
نجم نيوتروني دوار.

تمثيل بروتيني Protein Synthesis
عملية تصنيع البروتينات في الخلايا الحية بحسب التعليمات الموجودة في الشيفرة الجينية للـ DNA.

ثقب أسود Black Hole
يحتمل أن يكون الحالة النهائية في حياة النجوم، وذلك عندما تكبر الكتلة، وبالتالي قوة الجاذبية، إلى درجة كبيرة بحيث لا يتمكن حتى الضوء من الهروب منه.

جزيء Molecule
اتحاد ذرتين على الأقل لتكوين أصغر وحدة من عنصرٍ أو مركب كيميائي.

جين Gene
الوحدة الأساسية للمورثات التي تحدد خصائص الكائن.

حمض الريبوديوكسي النووي (الـ DNA) DNA
مادة كيميائية (حبيلتان من الأحماض النووية) تشكل تركيب الكروموسوم الموجود في نوى أغلبية الخلايا، يشكل الحمض أساس المورثات الجينية في غالبية الكائنات الحية. (راجع جين)

حمض أميني Amino Acids
صنف من أصناف المركبات الكيميائية. تتكون بروتينات جميع الكائنات الحية من حوالي 20 حمضا أمينيا.

حمض ريبو نووي (الـ RNA) RNA
الحمض النووي الذي يقوم بتحويل جزيئات الـ DNA، المادة الجينية، إلى بروتين.

حمض نووي Nucleic Acid
حمض عضوي معقد يتكون من سلاسل من النيوكليتيدات.

خط طيفي Spectral Lines
الخطوط المعتمة التي تظهر عند مرور إشعاع كهرومغناطيسي عبر سحابة غازية مما يؤدي إلى امتصاص إلكترونات ذرات الغاز أطوالاً موجية محددة من الطاقة. (المترجم وكذلك خطوط الطيف البراقة الناتجة عن إنبعاث موجات مغناطيسية محددة طول الموجة بسبب انتقال إلكترون الذرة من مستوى للطاقة إلى مستوى أدنى)

ذرة Atom
أصغر جزء يمكن تجزءة المادة إليه مع احتفاظه بهويته الكيميائية

رياح شمسية Solar Wind
سيل مستمر من البلازما تنفثه الشمس ويتكون من جسيمات مشحونة.

ريبوسوم Ribosome
بروتين يشكل آلية عمل الخلية الحية، ومهمته الرئيسة ترجمة مرسال الـ RNA إلى سلاسل ببتيدية.

سحابة أوورت Oort Cloud
منطقة كروية يعتقد بأنها تحيط بالنظام الشمسي تتواجد فيها المذنبات بأعداد هائلة

سديم Nebula
سحابة من الغبار والغازات في الفضاء والتي يمكن للناظر من الأرض رؤيتها لأنها تبث الإشعاع أو تعكس إشعاع النجوم الساقط عليها أو تمتصه.

شمس Sun
أي جرم سماوي يشبه شمس مجموعتنا الشمسية

الشمس (الـ) Sun, the
النجم الواقع في مركز المجموعة الشمسية وتدور الأرض والكواكب الأخرى في أفلاكها حولها.

صفر مطلق Absolute Zero
أدنى درجة حرارة يمكن الوصول إليها (تساوي $-273\ ^\circ C$، $-459.4\ ^\circ F$).

في المختبر In Vitro
تلقيح البويضيات بالحيوانات المنوية في أنبوب اختبار للحصول على جنين. (المترجم: لايقتصر المصطلح على حالة التلقيح الاصطناعي بل يشير إلى إجراء أية عملية حيوية في المختبر، أي خارج جسم الكائن الحي)

قابل للإنشطار Fissile
النوى القابلة للإنشطار نوويا.

قمر Moon
التابع الطبيعي لأي كوكب.

القمر (الـ) Moon, the
التابع الطبيعي الوحيد للأرض.

قوة نووية قوية Strong Nuclear Force
القوة الطبيعية المسؤولة عن تفاعل بعض الجسيمات تحت الذرية مثل الميزونات والبروتونات. وهي أكبر القوى الطبيعية الأساسية شدة لكن مدى تأثيرها لا يتعدى قطر نواة الذرة.

كتلة Mass
كمية المادة التي يحتويها جسمٌ ما، أو مقياس لمدى مقاومة الجسم لتعجيل عند تطبيق قوة عليه.

كروموسوم Chromosome
تركيب على هيئة خيط شعري موجود في نوى الخلايا الحية ويحمل المعلومات الجينية (الشيفرة الوراثية).

كوارك Quark
جسيم أولي تحت ذري وهو لبنة البناء الأساسية للبروتونات والنيوترونات، ولكنه ليس مكوناً للإلكترونات. ويقابل كل كوارك ضديد كوارك.

كودون Codon
سلسلة من ثلاثة نيوكليوتيدات على جزيء الـ DNA أو جزيء مرسال الـ RNA وتحدد نوعاً معينا من حمض أميني لإدخاله في البروتين بحسب الشيفرة المبينة على جزء من الحمض الأميني.

كوزمولوجيا (علم الكونيات)
Cosmology
دراسة أصل الكون

لبتون Lepton
جسيم أولي، مثل الإلكترون والنيوترينو، ليس له دور في تفاعلات القوة النووية القوية ولا يتكون من الكواركات

لقاح Vaccine
مستحضر يحتوي على فيروسات أو جسيمات مجهرية أخرى يأخذها الكائن الحي (عادة بالحقن) لتحفيز إنتاج مضادات الأجسام وتعزيز مقاومة الجسم ضد الأمراض المعدية.

ليزر Laser
اختصار لجملة «تكبير الضوء بواسطة الإشعاع المحرض». وهو جهاز ينتج شعاعاً ضوئياً عالي الشدة ذا لون (طول موجة) واحد ومتماسك (جميع الموجات الضوئية متزامنة أو متوافقة).

مادة Matter
الأشياء المادية التي تشغل حيزا ولها كتلة.

مجرة Galaxy
تجمع كبير يحتوي عدداً كبيراً من النجوم والسدم والغازات تشكل نظاماً بفعل قوة الجاذبية.

مذنب Comet
جرم سماوي جليدي صغير يدور حول الشمس. بعض المذنبات ذات أزمانٍ دورية قصيرة، مثل مذنب هالي، ويكون المدار إهليجياً بدرجة كبيرة، مما يؤدي إلى عودته ضمن النظام الشمسي كل 100 عام تقريبا. أما المذنبات ذات الأزمان الدورية الطويلة فيعتقد أنها انفصلت في الأساس من سحابة أوورت. يتأثر المدار لبعضها بالمجال الجذبي لكواكب المملاقة، مما يجعلها تسبح في أعماق مابين النجوم.

مرسال الـ RNA Messenger RNA
الـ RNA الذي يشكل قالب تجميع الأحماض الأمينية على الريبوسومات خلال تمثيل البروتين.

مركب عضوي
Organic Compound
مركب كيميائي يحتوي الكربون (باستثناء ثاني أكسيد الكربون والكربون وأول أكسيد الكربون والكربونيت)

مستعر أعظم Supernova
انفجار كارثي لنجم يؤدي إلى تبعثر أجزائه في الفضاء.

مسرطن Carcinogen
مادة يمكنها التسبب في السرطان.

مضاد جسم Antibody
بروتين دفاعي تنتجه خلايا الدم البيضاء في الجسم لمقاومة البروتينات الدخيلة (أنتيجينات أو مضاد الجينات). من الأنتيجينات الشائعة تلك التي تحملها الفيروسات والبكتيريا ونواتجهما

مطياف لوني Chromatography
طريقة لتحليل أو فصل مكونات مزيج من الغازات أو السوائل من خلال إمرارها عبر مادة أخرى، في العادة سائل أو غاز.

مفاعل مولد Breeder Reactor
نوع من المفاعلات النووية ينتج مواد قابلة للإنشطار أكثر مما تستهلكه لتشغيلها.

موصل فائق Superconductor
موصل لا يظهر مقاومة كهربائية لمرور التيار الكهربائي (في العادة عند درجات حرارة منخفضة للغاية).

ميزر Maser اختصار لجملة « تكبير الموجات الميكروويية (الصغرية) بواسطة الإشعاع المحرض». وهو جهاز يعمل على تكبير إشارة ميكروويية بتحفيز الذرات غير المستقرة (المثارة) بإطلاق طاقتها ذات طول موجي واحد.

ميزون Meson جسيم يتكون من كوارك وضديد كوارك. يمكن أن تكون له شحنة موجبة أو سالبة

ناسا NASA اختصار وكالة الطيران والفضاء الأمريكية ، وهي الهيئة الحكومية الأمريكية التي أنشأت عام 1958 لتصميم وتنفيذ برامج الفضاء للولايات المتحدة.

نانو تكنولوجيا Nanotechnology
العلوم التي تُعنى بدراسة المادة على المستوى الذري أو الجزيئي (مفردة نانو اختصار للنانومتر، أي جزء من بليون من المتر).

نجم Star جرم سماوي مضيء بذاته نتيجة إطلاقه الطاقة من لبه حيث تتم التفاعلات النووية الاندماجية (الانصهارية).

نجم ثنائي Binary Star
نظام نجمي يتكون من نجمين يدوران حول بعضهما في مدار مركزه مركز كتلتهما. يبقى النظام مستقرا بسبب قوة الجاذبية بين النجمين.

نجم نيوتروني Neutron Star
اللب المتبقي من نجم إنفجر لمستعر أعظمي.

نظير مشع Radioisotope
عنصر مشع.

نواة (الذرة) Nucleus, atomic
الجزء المركزي موجب الشحنة ذو الكثافة العالية من الذرة.

نيزك Meteorite
قطعة صخرية مصدرها الفضاء الخارجي وتدخل الغلاف الجوي للأرض لترتطم بسطحها.

نيوترون Neutron
أحدى ثلاثة جسيمات تحت ذرية رئيسة. النيوترون متعادل كهربائيا ويوجد في نوى جميع العناصر باستثناء الهيدروجين (العادي).

نيوترينو Neutrino
جسيم أولي له كتلة ضئيلة للغاية ومتعادل كهربائيا.

نيوكليتيد Nucleotide
الوحدة الأساسية لتجميع الـ DNA في الكروموسوم وفيها يرتبط جزيء سكر مع مجموعة من الفوسفيت أو أكثر.

وهج شمسي Solar Flare
نبضات قصيرة من الطاقة تبث من مناطق صغيرة من سطح الشمس.

Set Index

المسرد

A **bold** number shows the volume and is followed by the relevant page numbers (e.g. **1**:11, 36). Page numbers underlined (e.g. **7**:24–5) indicate the main entries for that topic. Italic page numbers (e.g., **2**:*21*) refer to illustrations and their captions. Page numbers followed by an asterisk (e.g. **3**:50*) refer to entries listed in the Key People pages.

A

abacus **2**:32–3, 41, 49; **8**:44
Abbe, Cleveland **6**:30
Abbe, Ernst **6**:31
Abel, Frederick **7**:10, 47
Abel, John **8**:14
Abelson, Philip **8**:31, **9**:16, 50
Abrikosov, Alexei **10**:24
Abt, Roman **6**:43
Abu al Wafa' **2**:41
Academy, Athens **2**:7, *7*, 48, 50
acetaminophen **7**:36
acetanilide **7**:36
acetic acid **2**:38
acetone **7**:34
acetylcholine **7**:38; **8**:6
acetylene **5**:43; **8**:6
acetylsalicylic acid **6**:15, **7**:36
Acharya, Bhaskara **3**:7
Acheson, Edward **7**:11
acids **2**:35, **5**:7; **8**:10
Ackermann, Rudolph **5**:27
acriflavine **7**:34
actinium **7**:18
actinometer **6**:*47*
acupuncture **1**:27, 30, **2**:28, 31
acyclovir **9**:31, 47
Adams, John **5**:41
Adams, Robert **5**:41
Adams, Walter **7**:38, **8**:22
Adams, William **6**:10
adding machines **3**:43; **8**:27, 44
Addison, Thomas **6**:18
Adelard of Bath **3**:7, 10
adenosine diphosphate **8**:42
adenosine triphosphate **8**:34, 42, **9**:19
Ader, Clement **7**:11, *28*, 29
Adleman, Leonard **10**:7
Adler, Alfred **7**:48
adrenocorticotropic hormone (ACTH) **9**:13
aeolipile **2**:20, 49
aerometer **4**:*42*
aerosol **8**:14
Agassiz, Louis **5**:42
Agricola, Georgius **3**:*37*, **5**:24
agriculture **1**:*16–17*, 18, 28–9, 40, 50; **3**:17; **4**:31
Agrippa, Marcus **2**:20, *21*, 23
AIDS **9**:39, 47; **10**:6, 7, *24*, 31, 47, 49
Aiken, Howard **8**:38, 44
air **4**:34, **5**:7; **7**:23
air-flow, speed of **4**:31
airliners **7**:35; **8**:23
 Airbus **10**:14, 43, *43*
 Boeing **10**:43
 Concorde **10**:14, 20
 jet **8**:43; **9**:8, *8*, 26, 32
 Jumbo jets **9**:26, 32
 supersonic **9**:26, *26*, 33, 40
 turboprop **8**:43
airplanes **7**:28–9; **7**:34; **8**:23, 27; **10**:20, 42
 biplanes **7**:28, 29
 fighters **8**:26, 27, 49, **9**:9; **10**:21
 gasoline-engined **7**:29
 jet **8**:34, 35, *35*; **9**:8
 pedal powered **9**:41, *41*
 rocket-powered interceptors **8**:38, *38*, 49
 seaplanes **7**:31
airplanes (cont.)
 solar powered **10**:8, *9*, 35
 Stealth fighter **10**:20, *20*
 steam powered **6**:10, *11*, 27, 50, **7**:11, 15, 29
 vertical take off and landing **9**:14, *14*, 26, *26*, **10**:20
 see also flights; flying boats
air pump, *see* vacuum pump
airships **7**:24–5; 43, **8**:14, 18
 dirigibles **6**:15
 nonrigid **7**:*22*
 rigid **7**:19, 24
air-speed indicator **4**:31
airspeed record **10**:42
Airy, George **6**:15
Akio Morita **8**:39
Albert, Prince **6**:16
Albert, Abraham **8**:34
Alberti, Leon **3**:26
alchemy **2**:29, 30, 41, 51; **3**:48
Alcmaeon 2:6, 46*
Alcock, George **9**:25
Alcock, John **7**:43, *43*
alcohol **1**:19; **2**:20, 41
Alder, Kurt **8**:15
Aldrin, Edwin (Buzz) **9**:*27*, 42
Alembert, Jean d' **4**:35
alembic **2**:*41*
Alexander the Great **1**:48, 51; **2**:10, 19, 26
alfalfa (lucerne) **1**:34
Alfven, Hannes **8**:35
algebra **2**:21, 34, 39, 40, 47, **3**:7, 10, 30, 50; **4**:42, **8**:7, 18, 34
algorithm **2**:39, 40; **3**:10
al-Hakim Mosque **3**:6
Alhazen 3:6, 46*
alizarin **6**:27
alkaloids **3**:44
alkanes (paraffins) **6**:11
alkyl groups **6**:38
alleles **6**:20–1
Allen, Bryan **9**:41, *41*
Allen, John **6**:15
Allen, Paul **9**:40; **10**:8, 43, 47
Allen, Zachariah **5**:30
allopurinol **9**:47
alloys **1**:39; **2**:6, **7**:38
Allwork, Matthew **10**:42
alpaca, domestication **1**:50
alphabets **1**:24, *25*, *35*, 41, 51
alpha particles **7**:14, *15*, 23, 27, 50; **8**:8, *8*, 48
Alpher, Ralph **8**:42, 48
Alpini, Prospero **3**:42
Alter, David **6**:15
alternator, polyphase **7**:51
altimeter **4**:16, 51
alum **3**:26; **6**:10
aluminum **5**:31; **7**:6, 24
Alvarez, Luis 8:38, **10**:6, 46*
Alvarez, Walter **10**:6, 46
Amazon River **3**:31
Ambartsumian, Viktor **8**:42
americium **8**:39
Amici, Giovanni **6**:11
amino acids **5**:19, **6**:51, **7**:15, *22*, 27, **8**:26; **9**:7, 12, 13, 24, 50
Ammanati, Bartolomeo **3**:37
ammonia **4**:43, 50; **5**:11, 36; **6**:35; **7**:30, *30*, 48
ammonia gas **3**:17
ammonium chloride **2**:38
ammonium perchlorate **10**:38
Amontons, Guillaume **4**:19
Ampère, André 5:30, 46*
Amundsen, Roald **8**:14
analytical engine **5**:30, *30*, 38; **8**:44
anaphylaxis **7**:*22*
anatomy **3**:*17*
 animals **2**:6, 46
 humans **2**:7, **3**:32, 36, *36*
Anaxagoras 2:6, 46*
Anaximander of Miletus 2:6, 46*
anchors **1**:26, 48
Anderson, Carl **8**:9, 22, 27
Andreessen, Mark **10**:45
Andrews, Lester **10**:39
Andrews, Roy **7**:39, *39*
Andrews, Thomas **6**:18, 30
androsterone **8**:18
Anel, Dominique **4**:26
anemia **4**:14, **8**:10
anemometer **4**:14, 48
anesthesia **6**:11, **8**:35, 39, **7**:6
 see also chloroform; cocaine, ether, nitrous oxide
angiogenesis factor **9**:19
angiography **8**:15
Angström, Anders **6**:*22*
aniline dyes **6**:18, 51
animals **5**:30, 49; **7**:38
 anatomy **2**:6, 46
 classification **2**:7, 10–11
 dissections on **2**:46, 48
 domestication **1**:*22–3*
Anklitzen, Konstantin **3**:*25*
Anning, Mary **5**:23, 28, 30
anthrax **6**:23, 49, 51
antibiotics **8**:15, 20–1, 30, 34, 42
anticoagulants **7**:42
antihistamines **8**:27
antihydrogen **10**:30
antimatter **8**:9, 14, **10**:30
antiproton **9**:12, 51
antiseptics **6**:49, **7**:34
Apgar, Virginia **9**:6
Apianus, Petrus **3**:36
Apollo space program **9**:42–3
Apollonius of Perga 2:14, 34, 46*
appendicitis **3**:36, **7**:6
Appert, Nicholas **5**:22
Appleby, John **5**:17
Appleton, Edward **8**:10, 39
aqualung **8**:35
Aquapendente, Hieronymus Fabricius ab **3**:43
aqueducts **1**:46; **2**:21, *21*, 48
 Aqua Appia **2**:7
 Aqua Virgo **2**:20; **3**:26
 Delaware Aqueduct **8**:38
 Nineveh **2**:6, 51
 Pont du Gard **2**:23, *23*
 Roman **2**:21, 22–3
Arabia, science **2**:38–9
Arabs 1:46*
Arago, Dominique **5**:31
Aramonte y Simoni, Aristides **7**:19
Arber, Werner **9**:11, 25
arc furnace, electric **7**:11, 49
Archer, Frederick **5**:33
arches **1**:19, 27, *27*, **2**:*21*, 28, **6**:22
***Archimedes* 2**:14, 16–17, 26, 27, 34; **3**:17; **4**:28, *29*
arc welder **7**:43
Ardipithecus ramidus **10**:24
areas, calculation of **2**:20
Arend, Sylvain **9**:13
Aretaeus of Cappadocia **2**:21
Arfwedson, Johan **5**:27
Argand, François Pierre **5**:7
Argand, Jean Robert **5**:19
Argelander, Friedrich **6**:23
argon **7**:14, 51
Aristarchus of Samos 2:46*; **3**:41 *41*
***Aristotle* 2**:7, 10–11, *28*, 29, 48, 50, 51; **3**:12, 20, 21, 32, 40, 46, 47, 50, 51; **4**:8–9, *9*
arithmetic **1**:24; **3**:7
Arkwright, Richard **4**:42, **5**:12
Armati, Salvino degli **3**:16
Armbruster, Peter **9**:17, **10**:6, 12
armillary rings **2**:15
armillary sphere **3**:16, *16*, 51
armor, tinplate **3**:16
Armstrong, Edwin **7**:13, 42
Armstrong, Neil **9**:*27*, 42
aromatic hydrocarbons **6**:30
arquebus **3**:24, *25*
Arrhenius, Svante **6**:43, **7**:11, 15, **10**:36
arrowheads, stone **1**:11
arrows, ballistic fire **3**:6
arsenic **3**:16, 46, **5**:42
Arsonval, Jacques d' **7**:26
arsphenamine **7**:36–7
arthritis **5**:38
arthroplasty **7**:26
artificial insemination **5**:7
artificial intelligence **8**:50
artificial limbs **3**:36, *37*
artificial silk (rayon) **7**:11, **8**:24
artillery **2**:26–7; **3**:15
Aryabhata **2**:29
ASCII code **9**:21
Asclepiades of Bithynia 2:15, 46–7*
Asclepius **1**:31, *31*, 49
ascorbic acid **8**:22, 23
asparagine **5**:19
Aspdin, Joseph **5**:31
aspirin **6**:19; **7**:36, *36*, *37*
Assyrians 1:46*, 50
astatine **8**:31; **9**:16, 51
Astbury, William **8**:14
asteroids **5**:18, 22, 50, **8**:7, 22, 30, 43, 46, **9**:7, 39, **10**:7, 18, 19, 24, 25, 31, 38
 discovery of **7**:11, 19, 27, 50
 moons **10**:26, 30, 38
 space probes **10**:26, 34, 38, 42
astigmatism **5**:18
Aston, Francis 7:17, 42; **8**:6, 46*
astrolabe **2**:14, *14*, 40; **3**:6, 7, 21, 51
astrological almanac **4**:48
astronomical instruments, Arab **2**:*40*
astronomical tables **3**:7, 17, 28; **4**:42
astronomy **2**:30, *31*; 38
astrophysics **10**:50
Atanasoff, John **8**:31, 35, 44
ataxia, locomotor **6**:19
atlases **3**:36, 50
atmospheric engines **4**:*22*, 26, 44, *45*, 49, 50, 51
atmospheric pressure **4**:10, 16–17, 42, 50, 51
atom, model of **7**:23, *23*, 35, 50
atom bomb **8**:35, 39, 40, *47*
atomic number **6**:32
atomic pile **8**:40, 47
atomic structure **7**:6, 14, *15*, 16, 17, 46, 50
 nucleus **7**:31, *31*, 46, 50; **8**:8, 27, 43; **9**:6
atomic theory **5**:19, *19*, 46, 47
atomic weights **5**:27, **6**:19, 26
atoxyl **7**:27
Atwood, George **5**:10
Audemars, Georges **8**:24
audio cassette tapes **9**:21
audio tape, digital system **10**:15
Audubon, John James 5:34, 35, 46*
Auenbrugger, Leopold **4**:38
Auer von Welsbach, Karl **7**:6, 27, 46*
Auger, Pierre **8**:11
Aulenback, Kevin **10**:13
aurora borealis **4**:40, 46; **10**:26
Australopithecus **8**:11, *11*
 A. afarensis **9**:31, *31*, 49, **10**:12
 A. boisei **9**:49
autogyro **8**:10, *10*
automobiles, *see* cars
Auzout, Adrien **4**:7
Avenzoar **3**:7
Avery, Oswald **8**:38
avian influenza (bird flu) **10**:31, 38
Avicenna 3:6, 7, 12, *26*, *27*, 46*
Avogadro, Amedeo **5**:23, **7**:30
axes, stone **1**:10, 26, 51
axles **1**:20, 26, 35, **3**:21
Ayurveda **2**:15
azathioprine **9**:47
azidothymidine (AZT) **9**:*47*
azo dyes **6**:22
azurite **1**:38

B

Baade, Walter 8:7, 23, *23*, 38, 43, 46*; **9**:6
Babbage, Charles **5**:30, 38, **8**:44
Babcock, Harold **7**:30, **8**:42
Babcock, Horace **8**:42
Babo, Clemens von **6**:11
Babylonians 1:46–7*, 50
Bachhoffner, George **6**:*14*
bacilli **7**:18
backstaff **4**:36, *36*
Backus, John **9**:14; **10**:11
Bacon, Francis 3:19, 43, 45, 46*; **9**:15
Bacon, Roger 3:13, 16, *25*, 46*
bacteria **4**:18, **6**:40, *41*, 43, **7**:30, 39, **10**:6, *6–7*
 staining **6**:38
bacteriology **6**:49
bacteriophages **7**:38; **8**:34
Baden-Powell, Baden **7**:28
Baekeland, Leo **7**:27
Baer, Karl von **5**:34, 42
Baeyer, Adolph von **6**:31, 39, *39*; **7**:7
Bailey, Donald **8**:34
Baily, Francis **5**:42, *42*, **6**:36
Baird, John Logie **8**:11, 12, *12*
Bakelite **7**:27
Baker, David **10**:42
Bakewell, Robert **4**:38, *38*
balance, sense of **5**:34, *34*
Balard, Antoine **5**:34
Balboa, Vasco **3**:31
Ballard, Robert **10**:14
ballista **2**:26, *26*
ballistite **6**:50
balloons **9**:20, **10**:15, 21, 35, 46
 high altitude **6**:30
 hot air **1**:48; **4**:26, *26*, **5**:7, *7*, *10*, 14, 49; **7**:34, *34*, **10**:35
 hydrogen filled **5**:7, 50
Balmer, Johann 7:6, 46*
Baltimore, David **9**:30
Baluchitherium **10**:31
Banach, Stefan **8**:10
Bang, Bernhard **6**:40, **7**:18
Banting, Frederick 8:6, 46*
Bardeen, John 8:42, **9**:36, 46*, 47, 51
barges **1**:26, 40, 49
barium **4**:51; **7**:18
Barkhausen, Heinrich **7**:42
barley **1**:10
Barnack, Oskar **7**:38
Barnard, Christiaan 9:24, 46*
Barnard, Edward **7**:10, 11, 39
Barnes, Charles **7**:44
barometers **4**:16–17, *22*, 42, 47
 mercury **4**:10, 16, *17*, 50, 51; **5**:15
Barr, Murray **8**:43
Bartholin, Erasmus **4**:15
Bartholin, Kaspar, Jr **4**:23
Bartlett, Neil **9**:18
Barton, Otis **8**:19
Bartram, John **4**:30, *30*
Bary, Heinrich de **6**:27
basket weaving **1**:11, *11*, 13
Basov, Nikolai **9**:7, 28
Bates, Henry **6**:23
Bateson, William **7**:26
bathrooms **1**:35
baths **2**:*18–19*
bathyscaphe **8**:43, **9**:20
bathysphere **8**:19
al Battani, Abu Abdullah Muhammad ibn Jabir (Albategnius) **2**:39, 41, 47*
batteries **5**:18, *18*, 42, **6**:19, 47, 48, **7**:8–9, *8*, *9*, 19, 30; **10**:34
battering rams **1**:35
Baudot, Jean Maurice **6**:34
Bauer, Wilhelm **6**:28
Bauhin, Gaspard **3**:43
Baumann, Eugen **6**:31
Baume, Antoine **4**:42
Baumgartner, Felix **10**:42
Bay, Zoltán **8**:39
Baylis, Trevor **10**:21
Bayliss, William **7**:22
Bayt al Hikma (House of Wisdom) **2**:38, 39, 40
Beadle, George **8**:34
Beagle, HMS, voyage of **5**:42, 44–5, *45*
beam balance **1**:18
beam engines **4**:44
beam press **1**:40
Beaufort, Francis **5**:19, *19*

Dortmund-Ems 7:19
Erie 5:20, *20*
Forth and Clyde 4:51
Gotha (Göta) 5:38
Grand Junction 5:*21*
irrigation 3:12
Nile–Red Sea 1:40, 49, 2:15
Orleans Canal 4:22
Panama 7:48, 40–1; 8:6
St. Lawrence Seaway 9:15
Sankey Brook Navigation 4:38; 5:20
Suez 6:30, *30*
canals (cont.)
Sumerian 1:51
Tigris–Euphrates 10:26
cancer 6:31, 7:22, 31, 39, 8:11, 15, 23, 34; 9:6, 25, 10:13, 24
cancer cells 6:*18*; 8:10
Candolle, Augustin de 5:23
cannabis 1:46
Cannizzaro, Stanislao 6:14, 19
Cannon, Annie 7:22, 32
Cannon, Walter 7:18, 8:*22*
cannonballs, cast iron 3:30
cannon boring machine 4:43
cannons 3:20, 24, *25*, 27, 7:44
arrow-firing 3:20
boring machine 3:36
breech-loading 3:27, 5:23
Cano, Juan del 3:*30*, *39*, 49
canoes 1:19, 36
Canton, John 4:39
Cantor, Georg 6:35
capillary action 3:30; 4:26, *26*
caravels 1:36; 3:26, 34, 38
carbon 6:19
carbon-14 8:31, 38
carbon atoms 6:35
carbon dioxide (CO_2) 4:15, 48, 49, 50; 5:18, 46; 6:30; 10:18, 36–7
carbon fibers 9:21
carbon monoxide 4:50
carbon nanotubes 10:19
carbon suboxide 7:27
carbon tetrachloride (tetrachloromethane) 7:31
Carborundum (silicon carbide) 7:11
carburetors 6:44
Cardan, Jerome 2:14
carding machine 4:34
Carlisle, Anthony 5:18
Carlson, Chester 8:27, 46*
Carnot, Nicolas 5:31
Carnot, Sadi 6:51
carotene 8:19
Carothers, Wallace 8:19, 24, *24*
carpet sweeper 6:35, *35*
Carpue, Joseph 5:26
carracks 3:34–5
Carrel, Alexis 7:22, 31, 39
carriages
steam-powered 4:42, *42*; 7:20
wind-powered 2:34
Carrington, Richard 6:19
cars 6:46, 7:6, 20–1, 30, 34
amphibious 10:42
Austin Mini 9:15, *15*
computerized engine management 10:9
four-wheel drive 10:8
front wheel drive 8:23
fuel-cell powered 10:34
fuel-efficient 10:21, 26
gasoline engines 7:7, 20–1
gas-turbine 9:8
mass production 7:21, 47
buffer solutions 7:23
Buffon, Georges de 5:49
buildings
cast iron 6:10
CN Tower 9:33
Petronas Twin Towers 9:33, *33*; 10:34, *34*
Sears Tower 9:33, *33*
buildings (cont.)
tallest 10:34, *34*, 35
World Trade Center 9:32
Bullock, William 6:26
Bunsen, Robert 6:14, *14*, 22, *22*, 47*, 47, 7:9, 46
Burdin, Claude 5:34, 6:12
Bürgi, Joost 3:50
Burgundio of Pisa 3:12
Buridan, Jean 3:20, 47*
burimamide 9:46
Burkitt, Denis 9:13
Burroughs, William 8:44
Burton, William 7:35
Bush, Vannevar 8:19, 44
Bushnell, David 5:6, 6:28, *28*
Bushnell, Nolan 9:33
Busignies, Henri-Gaston 8:34
Butenandt, Adolf 8:18, 23
Butlerov, Aleksandr 6:26
Butterick, Ebenezer 6:23
Butterick, Ellen 6:23

C

cable car 6:27
cables
fiber-optic 10:15, 27
submarine 9:20
Cabot, John 3:30, *39*
Cabot, Sebastian 3:30
Cabral, Gonzalo 3:26
Cabral, Pedro 3:31, *39*, 48
cacao 2:6
cadmium 5:27
Caesar, Julius 2:15, *15*, 20
caffeine 3:44; 5:30
calciferol 8:7
calculating machines 3:43, 4:6, *6*, 49, 50
calculators
electronic 8:31, 35, 38, 43
pocket 9:32; 10:51
calculus 3:20; 4:20, 49; 7:11, 27
calendars 1:19, 26, 27, 41, 42–3, 46, 47, 48, 51; 2:20, 24, 25, 30, 34; 3:6, 40
Callendar, Guy Stewart 10:36
Calley (Cawley), John 4:49
Callinicus 2:*27*, 34, 47*
Calmette, Albert 7:26
Calne, Roy 10:13
calorimeter 6:47
Calvin, Melvin 8:38, 9:13, 47*
camels, Bactrian, 1:*22*, *26*, 27, 46
camera lucida 5:23
camera obscura 5:32, *33*
Camerarius, Rudolf 4:23, *23*
cameras 5:33; 7:38, *38*, 8:34, *42*; 10:14, 15, 42
motion picture 7:10, 14, *14*
zoom lenses 9:15
Campani, Guiseppe 4:14
Campanus, Johannes 3:30
Campbell, John 4:34, 37
Campbell-Swinton, Alan 8:12–13
camphor 7:14, 23
Campillo, Don Francisco Salvá i 6:24
canals 1:35, 2:51; 4:46, 5:20–1
Assyrian 1:46
Baltic–North seas 3:20
Bridgewater 4:*38–9*, 39, 46, 5:20, *20*
Canal du Midi 4:22
Corinth 7:14
Breguet, Louis 7:27; 8:28
Brennan, Louis 7:30
Brenner, Sydney 9:24, 10:40
Brentano, Franz 6:34
Breuer, Josef 6:34
Breughel, Pieter 3:37
Brewster, David 5:26
bricks 1:11, 18, 35, 50, 51
bridges 2:*21*; 3:14–15, 4:27, 43
arch 1:41, 3:37, 6:34
Avignon 3:12, 15
Bailey bridge 8:34
Bendorf 9:21
cable 3:17
cable-stayed 10:15, 21, 27
cantilever 6:27
cast iron 4:*32*, 33, 46
Chesapeake Bay 9:*20*, 21
Delaware River 8:14
floating 9:41
Golden Gate 8:27
Great Stone Bridge 2:34
Hell Gate Bridge 7:42
London Bridge 3:12, *12*, 15, 9:32
Manhattan Bridge 7:31, *31*
Marco Polo, China 3:12
New River Gorge 9:40
Pont de Neuilly 4:43
Ponte Vecchio 3:20
pontoon 2:6
Quebec 7:42
suspension 2:28, 6:6, 7, 46; 10:8, 34
Sydney Harbor 8:*22*, *22*
Tacoma Narrows 8:31
trestle 2:15, *15*
tubular 6:14
Verrazano-Narrows 9:21
wrought-iron 6:46
Bridgman, Percy 9:12
Briggs, Henry 3:10, 43, 47*, 50
Briggs, Robert 10:32
Bright, Charles 6:18
Bright, Timothy 3:42
Brindley, James 4:39, 46*, 5:20
Bris, Jean Marie Le 7:28
Broca, Paul 6:22
Broglie, Louis de 4:29; 8:10, 46–7*, 50
bromine 5:34
Brønsted, Johannes 8:10
bronze 1:*26*, 35, 38, *38*, 39, 48
bells 1:41, *41*, 48; 2:31, 35
Brooke, George 3:49
Brown, Arthur 7:43, *43*
Brown, Michael 10:39
Brown, Robert 5:34, 35, 38, 7:47
Browne, Thomas 4:10
Browning, John 7:45
Brownrigg, William 4:34
Bruce, David 7:14
Bruce, Moira 10:30
Brunel, Isambard 6:8–9, 9, 10, 19, 46–7*
Brunel, Marc 5:19, 26; 6:7, 46
Brunelleschi, Filippo 3:21, *21*
Brunfels, Otto 3:36
Bruno, Giordano 3:42, 47*
Brush, Charles 3:9
Brusly, Adolphe de 7:40
BSE (bovine spongiform encephalopathy) 10:7, 13, 19, 30, 50
bubonic plague 2:34, 7:19
Buchner, Eduard 7:15, *23*
Buchner, Johann 7:36
buckeyballs 10:12, 22, 24
buckminsterfullerene 10:12, *22*, *24*
buckwheat 3:12
du 6:7
Bollée, Amedée 6:34, 7:20, *20*
bolometer 6:42
Boltzmann, Ludwig 6:39
Bolyai, János 5:34
Bombardier, J. Armand 9:14
Bond, George 6:11, 49
Bond, William 5:43, 6:11, 14, 49
Bondi, Hermann 8:42
Bonner, James 9:18
Bonnet, Charles 4:35
Bonrepos, Pierre Paul Riquet de 4:22
bookkeeping 3:10, 30
books 2:24, 41, 43; 3:27, 28, 47
see also chemistry; mathematics; medical/surgical books
Boole, George 6:15
Boot, Henry 8:31, 33
Booth, Hubert 7:22, *22*
Bopp, Thomas 10:30, *30*
Borel, Jean-François 9:31
Borghesano of Bologna 3:*17*
boric (boracic) acid 4:*22*
boring machine 5:6
Born, Max 7:42; 8:49
boron 7:31
Bosch, Carl 7:30, *30*, 48
Bose-Einstein condensates 10:25, 30
bosons 9:19; 10:7, 25, 51
botanical gardens 3:20; 4:30, *30*
botany 2:48, 51, 3:36
Bothe, Walther 8:8, 18
Böttger, Johann 4:26
Bouguer, Pierre 4:31
Boule, Marcellin 7:30
Boulsover, Thomas 4:34
Boulton, Matthew 5:8
Bourbaki, Nicolas 8:30
Bourgeois, Simon 6:23, *28*
Boussingault, Jean 5:39; 6:6
Bouvard, Alexis 5:30
Boveri, Theodor 7:*7*
Bovet, Daniel 8:27
Bowditch, Nathaniel 5:*22*
bows and arrows 1:11, 2:40
Boxer, Edward 6:26
Boyden, Uriah 6:12, 13
Boyer, Herbert 9:11, 31
Boyle, Robert 4:14, *14*, 17, 18, 46*, 47
Boyle, Willard 9:27
Boylston, Zabdiel 4:30
Bradley, Albert 10:26
Bradley, James 4:30, 35, 39
Bradwardine, Thomas 3:20
Brahe, Tycho 3:37, *37*, 42, 46–7*, 49; 4:48
Brahmagupta 2:34, 47*
Braille, Louis 5:35
brain 4:7; 6:22, 39; 8:10, 15
Bramah, Joseph 5:6, 14, 46*
Branca, Giovanni 4:6
Brand, Hennig 4:15
Brandenburger, Jacques 7:*27*
Brandt, Georg 4:34
Branly, Édouard 7:12, *13*, 49
Branson, Richard 10:15, 21, 46*
Brattain, Walter 8:42, 9:36, 46–7*, 51
Braun, Ferdinand 7:18, 22, 34; 8:*13*, 9:36
Braun, Wernher von 8:17, 35, 36–7
Bravais, Auguste 6:14
Bredt, Julius 7:14
breeding, selective 4:38, *38*
Breguet, Jacques 8:28
Binet, Alfred 7:26
Binnig, Gerd 10:8, 14, 46*, 50
binomial theorem 4:15
biogenesis 5:42
biogun 10:*27*
biology 5:18
biomes 8:30
Bion, Nicolas 4:30
Biot, Jean Baptiste 5:18, 27
biotin 8:35
bipolar disorder 9:31
birds 5:34, *35*, 46
Galapagos finches 5:*44*
Birdseye, Clarence 8:19
biremes 1:36, 51; 2:6
Biringuccio, Vannoccio 3:36
Biró, Laszlo 8:30
Bi Sheng 3:6, *6*, 28
Bishop, J. Michael 9:38
Bismarck (steamship) 7:38
Bissell, Melville 6:35, 35
bitumen 1:34
Black, Davidson 8:14
Black, Harold 8:15
Black, James 9:19, 31, 46*
Black, Joseph 4:39; 5:8, 18
Black, S. Duncan 7:42
black box flight recorder 9:14
Blackett, Patrick 8:8, 9
black holes 5:7, 7:42, 9:25, *25*; 10:47–8, 50
Blackman, Frederick 7:15
Blagden, Charles 5:11
Blaiberg, Philip 9:46
Blalock, Alfred 8:38
Blanchard, Jean Pierre 5:10, 14
Blanquart-Evrard, Louis-Desiré 5:33
blast furnaces 2:35, 40, 3:20; 4:32, *32*, 46, 6:18
bleaching powder 5:15
Blenkinsop, John 5:23
Blériot, Louis 7:30, *30*
Blickensderfer, George 7:11
Bloch, Felix 8:39, *39*
Blodgett, Katherine 8:30
blood
circulation 3:16; 4:6, *6*, 47
factors 8:14, 31, 48
groups 7:19; 8:48
blood cells 4:10, 49; 7:22, 8:11
blood letting 2:49; 3:7
blood transfusion 4:14
blood vessels
capillaries 4:10, 11, 47, 49
suturing 7:*22*
Blout, Elkan 9:19
blowpipes 2:15; 5:18
Blumlein, Alan 8:23
boat building 1:19, 48
boats 1:19, 40
canal 7:23; 5:20
dugout 1:11, 13, 36
early 1:36–7
iron hulled 5:11
outboard motor 7:30
paddleboats 1:48, 4:*22*
steam turbine 7:18
see also barges; paddleboats, ships, steamboats
Bobbs, John 6:*27*
Bode, Johann 4:43
Bodmer, Johann 5:23
Boerhaave, Hermann 4:30
Boethius (Anicius Manlius Severinus) 2:29
Bogardus, James 6:10
Bohr, Aage 7:46
Bohr, Niels 7:35, 46*, 50, 8:27, 40, 49, 51
Boisbaudran, Paul Lecoq de 6:32, 39; 7:6
Bois-Reymond, Emil
Beaumont, Frederick 5:41
Beaumont, William 5:39
Becher, Johann 4:15, 22, 51
Becklin, Eric 9:25
Beckwith, Jonathan 9:11, 25
Becquerel, Alexandre 5:*42*
Becquerel, Henri 7:14, 19
Beddoes, Thomas 5:15
Bednorz, Georg 10:13, *22*, 46*, 49
Beebe, William 8:19
beer, brewing 1:11, 40, 51
bees 1:50; 7:43, *43*
behavioral conditioning 7:43
Behring, Emil von 7:10, 45
Beijerinck, Martinus 6:41, 7:18
Békésy, Georg von 9:18, 46*
Bel, Joseph le 6:35
Belidor, Bernard Forest de 4:31
Belisarius 2:34
Bell, Alexander Graham 6:34, *34*, 46*, 48, 7:27
Bell, Charles 5:23, 6:7
Bell, Henry 6:9, *9*
Bell, John 9:19
Bell, Patrick 5:16
Bell Burnell, Jocelyn 9:*24*, 25, 46*
Bellingham, James 10:26
bellows 1:35; 3:17, *17*
bells, bronze 1:41, *41*, 48, 2:31, 35
belt drives 3:26
Bendix, Vincent 7:34
Benesch, Alfred 7:38
Benézet, Saint 3:15
Bennett, Jean 10:19
Bennett, John 6:10
Bennett, William 10:19
Benz, Karl 6:44, *45*, 46*; 7:6, 20, 20–1, *20*
benzene 5:31, 36, 6:*26*; 7:47; 8:18, 19; 10:*20*
Berg, Paul 9:31
Berger, Hans 8:10
Bergius, Friedrich 7:35
beriberi 7:15, 34
Berkeley, Miles 6:10
berkelium 8:43; 9:51
Berliner, Emile 7:7
Bernard, Claude 6:10, 15, 18
Berners-Lee, Tim 10:11, 21, 44
Bernoulli, Daniel 4:35
Berry, Albert 7:34
Berry, Henry 4:38; 5:20
Berson, Solomon 9:6
Bersten, Bruce 10:39
Bert, Paul 6:38, *38*
Berthollet, Claude Louis 5:11
Bertillon, Alphonse 6:42
beryllium 5:15; 8:31
Berzelius, Jons 5:*22*, *27*, 31, 35, 43, 46*; 6:33
Bessel, Friedrich 5:31, 43
Bessemer, Henry 5:25, 6:18
Best, Charles 8:46
beta blockers 9:19, *19*, 46
beta particles 7:14, *15*, 19
beta radiation 8:9
beta rays 7:38
Bethe, Hans 8:30, 42, 48
Bevan, Edward 7:11; 8:24
Bevis, John 4:30
Bhattacharyya, J. 10:12
bicycles 5:43; 6:23, 39; 9:14
hobby horse 5:27, *27*
penny farthing 6:31, *31*
Biela, Wilhelm von 5:35
big bang theory 8:14, 42, 48, 48–9; 9:19; 10:6, 47
bile acids 7:34
bilirubin 8:38
Billroth, Theodore 6:31
binary arithmetic 4:19, 49

10:14, 21, 46–7*
Cremona, Luigi 6:31
Crescas, Hasdai ben Abraham 3:21
Creutzfeldt Jakob disease (CJD) 10:7, 30, 50
Crick, Francis 9:6, 10–11, *10*, 24, 10:40, 51
criminals, identification of 6:42
Cristofori, Bartolomeo 4:30
Cro-Magnon people 1:12, 6:27
Crompton, Samuel 5:6, 12
Cronstedt, Axel 4:38
Crookes, William 6:*22*, *22*, 47*, 7:16
Cros, Charles 6:38
Cross, Charles 7:11, 8:24
crossbows 2:*31*, 3:17
cross-staff 3:20; 4:36, *36*
crown ethers 9:19
crude oil 7:19
cryptography 3:20, 30
crystal dislocations 8:23
crystal lattice structure 6:14, 7:42; 9:13, 49
Crystal Palace
  London 6:14, 16, 17, *17*
  New York 6:*16*
crystals 4:43, 5:7; 9:7
Ctesibius of Alexandria 2:15, 47*
Cubitt, William 3:9
Cugnot, Nicolas-Joseph 4:42, *42*, 7:20
Cuicuilco 2:12
cuneiform writing 1:24, 26, 46, 51, 2:32
curare 4:34, 6:18, 8:39
Curie, Marie 7:18, *18*; 8:50
Curie, Pierre 6:39, 7:18, *18*
curium 8:39, 9:51
Curl, Robert 10:12
Curtis, Charles 7:15
Cuvier, Georges 5:19, 28, 31
cyanoacrylate 9:8
cyanocobalamin 8:43, 9:12, 30, 48, 51
cybernetics 8:42
cyclamates 8:27; 9:25
cyclohexane 8:19
cyclonite 7:19
cyclosporin 10:7
cyclosporin A 9:31
cyclotron 8:22, 9:16, *16*, 51
cylinder boring machine 4:42
cystic fibrosis 10:24
cytochrome 8:11

D

Dacron 8:24, *25*, 34
dagger blades, iron 1:35, 38
Daguerre, Louis 5:32, *32*, 43, 6:36
daguerreotypes 6:6, 36
Daimler, Gottlieb 6:44, 46; 7:6, 7, 20, *20*
Dale, Henry 7:30, 34, 38, 8:6
Dalen, Nils 8:7
Dalton, John 5:14, 18, 19, *19*, 46, 47*, 6:48
Dam, Henrik 8:23
dams 10:9
  Assyrian 1:46
  Aswan 7:23, 9:26, *27*
  Boulder 8:26, *26*
  Garawi River 1:26, 48
  Kariba 9:14
  Nurek 10:8
  Orontes River Valley 1:40
Daniell, John 5:42, 7:8
Darby, Abraham 4:26, 32, 46*; 5:24
Darby, Abraham II 4:32–3, 46
Darby, Abraham III 4:*32*,
supercomputers 9:21, 41; 10:14, *14*, 46
  transistor 9:14
  UNIVAC 8:45, *45*; 9:8, 47, 49, 10:46
  word processing programs 10:10
  see also personal computers
computer viruses 10:34, 35, 42
concrete 2:15, 22, 6:11, 7:11
Condamine, Charles Marie de la 4:34
condenser, electrical 4:35, *35*, 40
conditioned reflex 7:23, *23*, 49, 50
conductors, electrical 4:30
Congreve, William 5:19; 8:16
conic sections 2:14, 46, 48, 4:51
conservation of energy 6:6, 11, 48, 49, 51
construction principles 4:31
Conté, Nicolas 5:14
contraceptives 9:9
conveyor belt 5:22
Cook, James 4:42; 5:6, *7*
Cooke, William 5:42, 50; 6:25
Coolidge, William 7:30, 35
Cooper, Gordon 9:*21*
Cooper, Leon 9:13, 46
Cooper, Peter 5:24, *24*, 35
Coover, Harry 9:8
Copernicus, Nicolaus 2:46, 50; 3:26, 31, 36, 40–1, *42*, 47, 50; 4:8
copper 1:19, 35, 38, 50, 2:40; 7:*16*
copper arsenide 4:51
copper ore 1:26
Copus, Jonathan 10:27
coracles 1:36, *36*
corals 4:26
cordite 7:10, 47
Córdoba, Gonzalo de 3:31
Coriolis, Gustave 5:39
Cormack, Allan 9:21
Cornell, Eric 10:25, 30
Cornell, Ezra 5:50
Corning, James 7:6
corn (maize) 1:17, 18, 50, 3:31, 44; 9:49
Cornu, Paul 8:28
Correns, Karl 6:21
cortisone 8:42; 9:51
cosmic radiation 7:34, 8:10, 18, 19; 9:19; 10:24, 46, 50–1
cosmological constant 7:42
cosmology 10:18, 47
Coster, Salomon 3:22; 4:12, 48
cotton 1:18, 27, 5:10
Cotton, Frank 9:19
cotton gin 5:14, *14*, 51
Cottrell, Frederick 7:43
Cotzias, George 9:24
Coulomb, Charles 5:6, 11
Coulson, Charles 8:22
counting boards 1:48, 2:7, *32*, 32–3
Courtois, Bernard 5:23
Cousteau, Jacques 8:35
covalent chemical bond 7:38, *39*
Cowan, Clyde 9:12
Cowper, Edward 4:33, 6:18
Cowper, William 4:23
Crabtree, William 4:6
Crafts, James 6:38
Craig, Lyman 9:18
Crampton, Thomas 6:7
cranks 2:28, 40
Cray, Seymour 9:21, 41,
coffee 2:40; 3:21, 8:27
coffee machines 8:30
Coggia, Jérôme 6:35
Cohen, Stanley 9:11, 31
coherer 7:12, 49
Cohnheim, Julius 6:27
coins 1:41, 48, 3:37
Colbert, Edwin 9:30
Cole, Humphrey 3:37
Colechurch, Peter de 3:12
Collier, Elisha 5:41
Collinge, John 10:30
Collins, Eileen 10:35, *35*
Collins, Michael 9:27, 42
Collins, S.A. 10:6
Collip, James 8:46
collodion 5:33
colloids 6:23
color blindness 5:14, 47; 6:21
Colosseum 2:20, *20*, *21*
Colt, Samuel 5:39, *40*, 41, 47*, 51, 6:16–17
Columbus, Christopher 3:18, 26, 27, 30, 31, 34, 38, *38*, *39*, 45, 47*
column chromatography 9:6
combine harvesters/threshers 5:*16–17*, 17, 38
combustion, phlogiston theory 4:15, 22, 48–9, 50, 51
combustion engine, external 5:26
comets 1:34, *47*; 2:34, 3:47, 4:35, 42, 47, 9:13, 50; 10:14, 25, *25*, 28, 30, *30*, 38
  collision with Earth 7:31, *31*
  discovery of 5:10, 26, 35, 49; 6:7, 18, 22, 23, 35, 43, 7:26, 8:14, 9:24, 30; 10:24, 30
  Halley's 2:14, 3:7, 27, 4:19, 39, 47, 10:13, 14, 15
  Lexell's 4:42
comets (cont.)
  nucleus 8:43, *43*
  orbits 5:7, 50
  photographs of 6:18, 42
  red 2:20
  short period 4:42
  space probes 10:14, 26, 35, *39*
  sungrazers 7:7
compact discs 9:41, 10:9, *20*
compass 2:28, 30, 45; 3:7; 4:36
  magnetic 3:6, 12, 18–19, 50
complex numbers 4:35
compression-ignition engine 6:44–5
Compton, Arthur 7:50, 8:7, 10, 47*, 49; 10:46
computer mouse 9:27
computers 8:44–5, 50, 9:8
  analog 8:19
  bubble memory 9:27
  Colossus 8:35, *35*
  digital 8:30, 34
  EDVAC 9:47, 49
  ENIAC 8:39, 44, *45*, 9:47, 49; 10:10
  floppy disks 9:8, 32
  hard disk drives 10:*11*
  MADAM 8:50
  magnetic core memory 9:9
  memory devices 8:39, 43
  mini computers 9:20, 26
  operating systems 9:41; 10:8, 9, 10–11, 14, 21, 47
  optical programmable 10:27
  programming languages/compilers 9:9, 14, 21, 32; 10:10, 11, 14, 15, 27
  software 10:9, 10
  stored program 8:43, *44*, 45
Chu, Ching-Wu 10:13, *22*
Chuquet, Nicolas 3:30
Church, Alonzo 8:26
Church, William 5:30
churches 3:20; 10:21
Chu Yu 3:7, 18
Cibelli, Jose 10:33
Cierva, Juan de la 8:10, *10*
cimetidine 9:31, 46
circumnavigation of the world
  by air 10:15, *15*, 35, 43, 46
  by sea 3:*30–1*, 31, 38, 42, 48, 49, 7:18, 10:42
citric acid 4:51, 8:27
Clairaut, Alexis 4:35
clarinet 4:19
Clark, Alvan 7:38
Clark, Josiah 7:9
clasp locker 7:14
Claude, Albert 8:34
Claude, Georges 7:23, 31
Claudius Caecus, Appius 2:7, *22*
Clausius, Rudolf 6:14, 26
clay, fired 1:11, *11*, *18*
Clay, Henry 4:43
clay tablets 1:24–5, *25*
clay water pipes 1:27
Clegg, Samuel 5:26
clepsydra 3:*22*
Clerk, Dugald 6:38, *44*
Cleve, Per 6:39; 7:15
Clinton, DeWitt 5:*20*
clipper ships 6:10
clocks 3:22–3; 4:27, 30; 7:39
  anchor escapement 4:14, 48
  astronomical 2:41, 3:20, 22
  caesium atomic 9:9
  chronometers 4:11, 34, 36, 37
  deadbeat escapement 4:27
  free-anchor escapement 4:42
  grandfather (longcase) 4:12
  jewel bearings 4:*23*
  mechanical 3:22, 51
  pendulum 4:7, 11, 12–13, 14, 48
  pocket 3:31
  quartz 8:14
  self winding 3:42
  shadow 1:26, *26*, 48, 3:17, *22*
  spring driven 3:22–3, 31, 36; 4:18
  striking 3:20, 22, 51
  weight-driven 3:20
  see also water clocks
cloning
  animals 10:12, 30, 31, 32–3, 38, 39
  human embryos 10:33, 38, 39
cloth, woven 1:*11*
cloud chamber 7:34, 8:8, *8*
club soda 4:34, 50; 5:46
Coade, Eleanor 4:43
coal 2:7, *28*; 3:6, 17
Coalbrookdale 4:*32*, 33, *33*, 46
coal mines 3:6
coal tar 7:39
cobalt 4:34
Cobham, Alan 8:14, 23
Coca Cola 7:6
cocaine 6:43; 7:48
cochlea 9:18, *18*, 46
Cockcroft, John 8:8, 22, 40, *40*
Cockerell, Christopher 9:9, 47*
codeine 5:38
Cody, Samuel 7:28, *28*
Coehoorn, Menno von 4:14
coelacanths 8:30, *30*; 10:13
coenzymes 7:*23*, 8:42
chains, iron 2:28
Chamberlain, Owen 9:12, 51
champagne 4:14, *15*
Champion, William 4:34
Chance, Britton 8:35
Chandra Gupta II 2:19
Chandragupta Maurya 2:18, 19
Chandrasekhar, Subrahmanyan 8:19
Chang Ch'ien 2:14
Chang Heng 2:30
Chang Ssu-Hsun 2:41
Chanute, Octave 7:15, 28, 49, 51
Chappe brothers 5:11
charcoal 1:38, 48, 49, 5:31
Chardonnet, Hilaire de 8:24
Chargaff, Erwin 9:11
charge-coupled devices (CCDs) 9:27, 40
chariots 1:20, *20*
Charles, Jacques 5:7, 11, 50, 7:24
Charnay, Claude-Joseph Desiré 1:21, *21*
Chaucer, Geoffrey 3:21
Chauliac, Guy de 3:21
Chedid, Louis 10:*7*
chemical bonding 8:15; 9:7
chemical chain reactions 7:42, 8:15
chemical elements 4:14, 50, 6:32–3; 9:18, 50–1, 51
  new 9:16–17
chemical potential 6:35
chemical reactions 10:47
chemicals
  law of definite proportions 5:14
  naming system 4:49
  organic 5:22
chemical valence 8:14
chemistry 2:29, 41
  laboratories 4:11
  textbooks/dictionary 4:30, 42, 49
Chen Zhuo 2:28
Cherenkov, Pavel 8:23
Chernobyl, radioactive fallout 10:13, *13*
Chéseaux, Philippe de 4:35
Chesebrough, Robert 6:31
Chevenard, Pierre 7:38
Chevreul, Michel 5:31
Chiao Wei Yo 2:41
Chichén Itza 2:*25*
chilies, domesticated 1:10
China, science 2:30–1
Chinese civilizations 1:47–8*
chiropractic 7:14
chloracne 9:38
chloral hydrate 6:30
chloramphenicol 8:42
chlorine 4:42, 51, 5:36, 8:46
chlorofluorocarbons (CFCs) 8:18, 9:30, 39, *39*; 10:12, 18, 21, 36
chloroform (trichloromethane) 5:38, 6:11, 7:36
chlorophyll 5:27, *27*, 43; 7:26; 9:18, 47, 51
Choh Hao Li 8:38, 9:13, 30
cholecalciferol 8:19
cholecystotomy 6:27
cholera 6:15, *15*, 42, 49, 7:11, *11*
cholesterol 8:22, 9:48, 51
Chrétien, Henri 8:11
Christy, James 9:39
chromium 5:14
chromosomes 6:*20*, 21; 7:7, 14, 26, 34, 42
  artificial 10:30
chronometer 4:11, 34, 36, *36*, 37
Chrysler Building 8:19, *19*
Model T 7:30
  rocket-powered 9:32
  steam powered 6:34, 7:6, 20
  Volkswagen 8:30, *30*
  Wankel engined 9:21
  windshield wipers 7:34
Carson, Rachel 9:19
Cartesian coordinates 4:6, 46
Cartier, Jacques 3:36
Cartwright, Edmund 5:10, 13
cash register 6:39; 7:23
Casimir, Hendrik 8:23
cassava (manioc) 1:40, 50
Cassegrain, Laurent 4:24, 25
Cassinelli, Joseph 10:7
Cassini, Cesar 4:46
Cassini, Giovanni 4:15, 18, 19, 26, 28, 46*, 6:37
Cassini, Jacques 4:26, 46
Castellanos, Juan de 3:44
castles 3:14–15, 17
Castro, Giovanni da 3:26
Çatal Huyuk 1:*11*
catalysts 5:43, 46
catalytic converters 9:33, *33*, 10:21
catapults 2:15, 26–7, *26*, 47
  gravity-powered 3:7
  onagers 2:21, *26–7*, 27
cataract operation 4:35
catastrophe theory 9:30
cathedrals
  Chartres 3:12, *13*
  Florence 3:21, *21*
  Notre-Dame, Paris 3:16
cathode rays 6:35, 47; 7:14, 16–17
cathode-ray tubes 7:6, 18, *18*, 34; 8:13, *13*, 39
cats, domestication 1:18, 23, 34
CAT scanner 9:21
cat's eyes (road markers) 8:23
cattle
  abortion in 6:40; 7:18
  domestication 1:11, 22, 23
cattle fever 7:10
Cavendish, Henry 4:42, 49; 5:10, *10*, 15, 46–7*, 49
Caventou, Joseph 5:27, 30
Caxton, William 3:27, 28, 31, 47*
Cayley, George 5:19, *19*, 22, 47*; 6:15; 7:28
CD-I interactive computer disk 10:26
CD-ROM 10:9, 14, 20
Cellarius, Andreas 3:*41*
cellophane 7:27
cell reactions 8:34
cells 4:14, 48, 5:43, 6:18, 22
  observation of 9:14
cellular telephones 9:41, 10:8, 9
celluloid 6:18, 30
cellulose 5:43, 10:30
Celsius, Anders 4:35
Celsus, Aulus Cornelius 2:20, 47*
Celts 1:47*
cement 4:38, 51, 5:31
centaur objects 9:39
central heating, hot air 5:30
centrifuge 6:38
centrosomes 6:35
ceramic images 1:11, *11*
cereals, origin of 1:16–17
cerium 5:46, 7:46
Cerletti, Ugo 8:27
Cesalpino, Andrea 3:42
cesium 6:*22*, 47
Ceva, Giovanni 4:26
Chadwick, James 7:38, 50; 8:8–9, 22, 40
Chagas, Carlos 6:40–1; 7:31
Chain, Ernst 8:21, 31, 48

6:38
Fahrenheit, Gabriel
4:26, 27
Fairlie, Robert 6:23
Fajans, Kasimir 7:35
Fallopio, Gabriello 3:37
False Geber 3:17, 48*
Faraday, Michael 5:31, 36–7, 38, 39, 48; 6:10, 22
Farller, Stephen 4:10
farming, arable 1:18
farm machinery 5:16–17
Farnsworth, Philo
8:13, 14
Farrington, De Witt 7:44
faucet 5:46
Fauchard, Pierre 4:31
Favaloro, Rene 9:24
fax 7:46
Fay, Charles du 4:31
Faye, Hervé-Auguste 6:7
Fehling, Hermann
von 6:6
Fender, Leo 8:43
Fermat, Pierre de 4:6, 28, 10:18, 24
fermentation 6:19, *19*, 50
Fermi, Enrico 8:9, 34, *34*, 40, 47, 47*; 9:51
fermium 8:47, 9:6, 51
Fernando Póo 3:27
Fernel, Jean 3:36
Ferranti 8:45
ferric chloride 6:19
ferrocene 9:6
ferromagnetism 7:27, *27*; 8:7
Fertile Crescent 1:16, 18, *28–9*, 50
fertilization of crops 1:41
fertilizers 7:30
Fessenden, Reginald
7:12–13, 13, 26, 34, 8:7, 47*
Feynman, Richard 8:43
9:15
fiber optic cables 9:26; 10:15, 27
fibers, artificial 8:24–5
Fibonacci, Leonardo
3:10, 12, *12–13*, 13, 48*
Field, Cyrus W. 6:47
Fieser, Louis 8:34
Filippo da Modena 3:26
Filisko, Frank 10:18
film, flexible 9:30
film recording 8:7
film transparencies 8:26
fingerprints 7:11
Finsen, Niels 7:18
Finsterwalder, Ulrich
9:21
Fioravante da Bologna
3:26
fire arrows 3:7, *7*, 24
fire engine 5:46
fire extinguishers 7:31
fire making 1:10; 14–15
fireworks 3:7, 24
Fischer, Emil 7:7, 14, 18, 22, 27
Fischer, Ernst 9:6
Fischer, Franz 8:11
Fischer, Hans 8:18, 38
fishing 1:11, 13, 3:21
Fitch, John 6:8, *8*
Fittig, Rudolf 6:30
Fitz, Reginald 7:6
Fitzgerald, George 7:10
Fitzmaurice, James 8:15
Fitzroy, Robert 5:44
Fizeau, Armand 4:28, *28*; 6:10
Flack, Martin 7:27
flame tests 4:39
flamethrowers 2:6, *27*, 47
Flaminius, Gaius 2:15
Flammarion, Camille
6:36
Flamsteed, John 4:26, 47
flash photolysis 8:43
flax 1:18
Fleming, Alexander 8:7, 15, 20, *20*, 21, 47–8*
Fleming, John 6:48; 7:*10*, 11, 13, 23, 46, 47*
Flerov, Georgii 8:34
engineering tables 4:31
Enigma 8:50
enkephalins 9:38
entomology 4:31
entropy 6:26
enzymes 5:38; 6:31, 38, 7:14, 15, 23, 35, 8:35
restriction enzymes
9:11, 25
Eötvös, Roland von 7:11
ephemerides 2:30; 4:37
Epicurus 4:11
epilepsy 6:23
epinephrine (adrenaline)
7:14, 22
Epsom salts 4:23
equations 3:7, 10, 46
equinoxes 2:39, 46
precession of 2:15, 29, 41, 49
Eratosthenes of Cyrene
2:14, *15*, 48*
Erb, Wilhelm 6:34
erbium 5:14, 6:7
Ericsson, John 5:39, *39*; 6:50
Eriksson, Leif 2:44; 3:6
erythrocytes 4:10
Esaki, Leo 9:13
escapement 2:49
anchor 3:22–3, *23*
clock 3:22
foliot 3:*22*
verge-and-foliot 3:*23*
escape velocity 8:10
Eschenmoser, Albert
9:30, 51
Escherichia coli 10:30
esophagectomy 6:31
estrogen 8:18
ethanoic acid (acetic acid) 6:11
ethanol (ethyl alcohol)
5:23
ether (anesthetic) 6:7, *7*; 7:36
ether (upper air) 7:7
ethology 8:26, 49
ethyne (acetylene) 10:39
Eucleides 2:50
Euclid 2:7, 16, 29, 40, 48*, 50; 3:7, 10, 26, 30, 5:34
Eudoxus of Cnidus 2:48*
eugenics 6:30
Euler, Leonhard 4:30, 38, *38*, 42; 5:6
Euler, Ulf von 8:39
Eupalinus of Megara
2:6, 48*
Euripides 2:46
Eustachio, Bartolomeo
2:46; 3:37
Eutocius of Ascalon 2:34
Evans, Herbert 7:42; 8:7
Evans, Oliver 5:19, 22, 7:20
Evinrude, Ole 7:30
evolution 5:22, *22*, 42, 44, 45, 49, 6:19
Ewing, Alfred 6:39
Ewing, William 8:26
Ewins, Arthur 7:38
exclusion principle 8:11
explosives 7:19, 30
expressways 8:7, 11
extinction, catastrophic theory of 5:31
Exxon Valdez (oil tanker)
10:20
eyeglasses 3:16, *16*, 26, 46
bifocal 4:40, *40*; 5:10
eyes 2:40, *40*, 48
blind spot on retina
4:14
cancer 10:13
cataract operation 4:35
rods and cones 6:27

F

Fabre, Henri 7:31
Fabricius, David 3:43, 48*
Fabricius, Johann 5:6
Fabricius, Johannes 3:48
Fabry, Charles 7:35
Fahlberg, Constantine
Edwards, Robert 9:25
Egyptians 1:48–9*
Ehrlich, Paul 7:27, 31, 34, 37, *37*; 8:20, 47
Eiffel, Gustave 7:10
Eijkman, Christiaan 7:15
Einstein, Albert 7:10, 26, *26*, 38, 42, 47*, 50; 8:18, 30, 47, 9:28
einsteinium 9:6, 51
Einthoven, Willem 7:23
Eisenhower, Mamie 9:15
Eisler, Paul 8:35
elasticity 4:18, 48
electrical resistance 7:34
electric arc furnace
7:11, 49
electric bell 5:38
electric field emission
7:18
electricity 4:10
effects of stimulation by 4:43
generating plants 6:42, 48; 9:8
inverse square law 4:42
positive, negative static
4:31, 40
sources 7:8–9
electric motor 5:36, 48
electrocardiograph 7:23; 10:19
electrochemistry 5:36, 6:43
electroconvulsive therapy
8:27
electrodynamics 5:30, 46
electroencephalography
8:10
electrolysis 5:18, 22, *22*, 36, 39, 48
electrolytes 8:10
electromagnetic induction 6:10
electromagnetic mass concept 6:43
electromagnetic radiation
7:12, 47
electromagnetic relay
5:39, 48
electromagnetic waves
8:35
electromagnetism 5:30, *30*, 36, *37*, 46; 6:51
electromagnets 5:31, 48, 50; 6:25
electrometer 4:35
electrons 6:35, 47; 7:11, 14, 16–17, 18, *18*, 19, 35, 38, 8:6, 14, 49; 9:13
electron theory 7:27
electrophoresis 8:19, 10:48
electroweak theory 9:25
elements 5:19, 27, 46, 47, 6:32–3, 7:6, 18, 10:31
periodic table 6:30
spectra 6:47, 7:35
weights of 5:26
elephants, domestication
1:27
elevator, safety 6:15, *15*, 50
Elion, Gertrude 9:6, 31, 47*, 48
Ellet, Charles 6:6, 7
Ellsworth, Lincoln 8:14
Elrod, Alvon 10:21
Elsasser, Walter 8:31
Elster, Julius 7:14
Elton, Charles 8:14
Elvehjem, Conrad 8:27
Ely, Eugene 7:31, 34
e-mail 10:44
embalming 1:27
embryology 2:46; 5:34
Encke, Johann 5:11, 43; 7:50
Enders, John 8:43; 9:13
endorphins 9:38
endothelium derived relaxing factor (EDRF)
10:13, 48
energy production, in body 6:43
Engelbart, Douglas 9:27
Engelberger, Joseph 9:27
Drake, Frank 9:18
Draper, Henry 6:31, 42
Draper, John 6:6, 7, 36; 9:44
dreams 7:19, 48
Drebbel, Cornelis 6:28
dredger, mechanical 3:37
Dreyer, Johan 7:7
Driesch, Hans 10:32
drills 1:35; 7:42
Drinker, Philip 8:15
Drude, Paul 7:19
drugs 1:47; 2:20, 21
immunosuppressive
9:31; 10:7
synthetic 7:27, 31, 36–7
Drummond, Thomas
5:31
Dubois, Eugene 7:10
Dubos, René 8:30, 39
Duchenne, Guillaume
6:19, 10:13
Dudgeon, Richard 7:20
Dudley, Dud 3:43
Duillier, Nicolas Fatio de 4:23
Dulong, Pierre 5:27
Dumas, Jean 5:27, 38
Dunlop, John 7:7
duodenum 2:7, 49
Dupuytren, Guillaume
5:38
Duryea, Charles 7:21, *21*
Duryea, Frank 7:21
Dutrochet, René 5:34, 43
Dwyer, Joseph 10:39
dyes 1:41, 51; 6:18, 51; 7:7
dynamics 4:35
dynamite 6:27, 50
dynamo 5:38, 6:31
dysentery 6:40, 41; 7:18
dysprosium 7:6

E

Eads, James 6:34
Earhart, Amelia 8:15
ears, semicircular canals
5:34, *34*, 6:34
Earth 3:51, 6:15, 7:35
atmosphere 5:18, 7:22–3, 23, 35
at center of Universe
2:7, 51
core 6:27, 7:27, 8:27
density of 4:43, 5:15, 47
magnetism 3:18, 42, 49, 8:18, 31, *31*
magnetosphere 10:26, 34, 42
nutation 4:35
orbit 3:26
rotation 2:29, 3:26, 5:39, 10:25
shape of 2:10; 4:26, 34, *34*
size of 2:14, *15*, 38, 48, 50, 51; 4:15, 35
tilt of axis 2:48
earthquakes 4:39; 8:26, *26*
seismic waves 7:18
seismographs 7:26
earth science 3:6
Eastman, George 5:33
Ebers, Georg 1:35, 49
Eberth, Karl 6:39, 40
echolocation 8:31, *31*, 9:18
echo sounder 8:7
Eckener, Hugo 8:18
Eckert, John 8:39, 43, 45, 9:8, 47*, 49; 10:46
eclipses 3:*27*
lunar 3:50
solar 1:40, 47; 2:6, 24, 6:*22*, 27, 30
ecology 6:31; 8:14
economics, application of mathematics to 4:26
Eddington, Arthur 7:38, 8:10
Edelman, Gerald 9:25
Edgeworth, Richard 4:39
Edison, Thomas 6:31, 38, *38*, 42, 46, 48*, 51, 7:7, 9, 19, 51; 8:47
Edward I 3:14, *15*, 17
difference engine 5:30, *30*
digestion 6:10; 7:10, 22, 49–50
gastric juices in 5:39, 42
Digges, Leonard 3:37
digitalis 5:10
digital video discs (DVDs) 10:34
dinosaurs 5:28, 31, 6:6, 10:13, 31, 38
extinction of 10:6, *18*, 19, 46
Diocletian 2:28
diodes, plastic 10:18
Diogo de Sevilla 3:26
Dionysius the Elder 2:6, 26, 47*
Diophantus 2:21, 39, 47*; 3:13
Dioscorides, Pedanius
2:21,48*
diphtheria 4:35, 6:43, 7:10, 35; 10:7
Dirac, Paul 8:9, 14
discovery, voyages of
3:38–9
disease 2:7, 15, 21, 35, 39, 40, 46, 49–50, 51
germ theory 6:6, 40–1, 51
disinfectant 6:27
dissections, human
3:13, 30
distaff 1:18, 47, 50; 5:12
distillation 1:19
distribution curve, normal 4:31
dividing engine 4:43
diving bell 3:36, 4:27, 47
diving suit 5:27
division, arithmetical
3:10
Djerassi, Carl 9:9
DNA (deoxyribonucleic acid) 6:30, 39, 43; 7:18, 8:18, 38, 48, 9:24, 49, 50; 10:7, *12*, 13, 18, 39, 50, 51
bases 9:39, 50
hybrid 9:31
mitochondrial 9:50
replication 9:*11*, 12, *12*
structure 9:6, 10–11
DNA polymerase 9:12, 24, 49
dodo 4:18, *18*
Dodoens, Rembert 3:45
dogs, domestication 1:10, 23, 50
Dolby, Ray 9:26
Doll, Richard 9:6
Dollfus, Audouin 9:24
Dollond, John 4:24, 39
Dolomieu, Deodat de
5:11, 15
dolomite 5:11
Domagk, Gerhard 8:22
domain names 10:44
Dome of the Rock 2:34
domes 3:21, *21*, 42
geodesic 9:9, *9*, 48, 10:12
domestication
of animals 1:*22–3*
of plants 1:17
Dom João II 3:38, 48
Donald, Ian 9:13
Donati, Giambattista 6:18
Donders, Frans 6:19
Dondi, Giovanni di 3:20
donkeys, domestication
1:26
Donkin, Bryan 5:23
Doolittle, James 8:7
Doppler, Christian
6:7; 8:6
Dorand, René 8:28
Dorn, Friedrich Ernst
7:19
Dornberger, Walter
8:34, 36
Douglas, David 5:31
doves, domestication 1:51
Downs' syndrome 9:13
Drake, Edwin 6:19, *19*
Drake, Francis 3:37, 38, 42, 45, 48*
33, 46
Darius 2:6, 6
dark matter 8:22; 10:50, 51
Darrow, Charles 8:26
Dart, Raymond 8:11
Darwin, Charles 5:*22*, 42, 44–5, 49; 6:19
Darwin, Erasmus 5:44
Darwin, George 6:39
date palms 1:18, 46, 46–7
Daubree, Gabriel 6:27
Davaine, Casimir Joseph
6:23
Davenport, Thomas 5:42
David, Armand 6:26, *26*
Davidson, Edward 7:31
Daviel, Jacques 4:35
Davis, John 4:36
Davis, Robert 8:18
Davisson, Clinton 8:14
Davy, Edward 5:43
Davy, Humphry 5:15, *22*, 22, 26, 36, 48*, 50, 51; 7:36
Dawson, Charles 7:34
daylight saving time 4:*40*
DDT 6:34; 8:31; 9:30, *30*
Debierne, André 7:18
Debye, Peter 7:38, 8:10
decimal point 3:11
Decker, Alonzo 7:42
decompression chambers
8:18
decompression sickness
6:38
Dedekind, Richard 6:31
Deere, John 5:16, 42, 6:10
defibrillator 8:22
De Forest, Lee 7:13, 26, 46*, 47, 8:7
Delbrück, Max 8:39; 9:11
Dellinger, John 8:26
Deluc, Jean 4:16, 42
Dempster, Arthur 8:26
dengue fever 5:7
Denis, Jean 4:14
Denner, Johann 4:19
Denning, William 8:7
Dennison, Aaron 5:47
dental drill 4:31
deoxyribonucleic acid, *see* DNA
deoxyribose 8:18
Desaga, Peter 6:14
Descartes, René 4:6, 16, 46*
Desormes, Charles
5:18, 27
Despeissis, Louis 7:11
Despiau, Raymond 10:7
detergents 7:27
determinants 4:19
detonating powder 5:19
detonators, mercury fulminate 6:23, 50
deuterium 8:22, 26, 51
Devol, Georg 9:30
DeVries, William 10:7
Dewar, James 7:10, 11, 14, 47*
Dewey, Melvil 6:35
dhows 1:36, *37*, 46, 3:38
diabetes 2:45, 4:14, 8:7, 46, 10:6
dialysis 9:19
diamonds 9:12, 39; 10:24
Diamond Sutra 2:30, 41, *43*
diastase 5:38
Diaz, Bartholomew 3:30, 38, 48*
Diaz, João 3:26
diazepine 10:13
diazo compounds 6:22
dichloroethylene (dichloroethene) 6:6
Dick, George and Gladys
8:10
Dicke, Robert 8:39
Dickson, James 8:24, 34
dictating machine 6:48
didymium 7:46
Diels, Otto 7:27, 8:15
Diesel, Rudolf 6:45, 47–8*; 7:14
Dietz, Charles 7:20

Fletcher, Walter 7:27
Flettner, Anton 8:30
flights
  across English Channel 7:30, 30; 9:41, 41; 10:8, 9
  across Pacific Ocean 10:21
  across U. S. 7:34, 8:7
flights (cont.)
  around the world 8:11, 14, 18
  over the North Pole 8:14
  supersonic 8:42, 42
  transatlantic 7:43, 8:15, 15; 9:41; 10:15
flint 1:10, 10, 12, 13, 19, 19
flintlock 3:24–5
Florey, Howard 8:20, 21, 31, 48
flour, sifting machine 2:34
Flourens, Pierre 5:34, 6:11
flour mills 2:28, 36, 36
flowers
  male/female 3:42, 4:18
  pollination 4:39, 39
Flowers, Thomas 8:35
Floyer, John 4:26
fluorine 7:49
flying boats 7:43
flying bombs (V1) 8:17, 31, 35, 38
flying buttresses 3:7, 7, 13, 16
Flying Doctor Service 8:15; 10:30
flying machines 3:30; 3:31; 5:47
  ornithopter 3:30, 32, 33
flying shuttle 4:31, 31; 5:13
flywheels 1:20–1, 21; 3:26, 26
Focke, Heinrich 8:26, 28, 28
Fokker, Anthony 7:39
Folkers, Karl 8:42, 43
Folkman, Judah 9:19
Fontana, Domenico 3:42
food 1:28–9
  canning 5:22, 23
  classification 5:30
  edible packaging 10:34
  freeze-drying 7:26; 6:22
  preservation 1:28, 4:42, 6:39
  quick-frozen 8:19
food digestion 4:38
food poisoning 10:30
food supply 5:15
foot and mouth disease 6:41; 7:18; 10:38
Forbes, George 6:39
force pump 2:47
Ford, Henry 5:51; 7:20, 21, 30, 47–8*
forge, Catalan 3:18
Forlanini, Carlo 8:28
formic acid 4:42, 51
Forrester, Jay 8:43
Forssmann, Werner 8:18
Forsyth, Alexander 5:19
Fortin, Jean 5:15
Fortin, Nicolas 4:16
Fossett, Steve 10:43
fossil fuels 10:27
fossils 2:6; 3:30, 48, 4:22, 5:14, 26, 26, 28–9, 7:39, 39; 10:19, 25
  hominoids 1:12–13, 6:27, 7:10, 34, 35; 8:11, 14, 22, 42, 9:18, 31, 31, 49; 10:7, 12, 18, 24, 48
  reptiles 5:23, 30, 31, 31, 49; 6:22, 9:30; 10:31, 38
Fothergill, John 4:35, 5:6
Foucault, Leon 4:25; 6:10, 14, 14, 18
Fountain, John 9:39
Fourdrinier brothers 5:22
Fourier, Jean 10:36
Fourier, Joseph 5:31, 34
Fourneyron, Benoit 5:34; 6:12
Fracastoro, Girolamo 3:30, 36, 48*, 5:28, 6:40
fractals 10:6, 6, 49
fractions, decimal 2:20; 3:42, 51
Francis, James 6:11, 12, 12, 13
francium 8:30, 50
Frankland, Edward 6:14, 8:46
Franklin, Benjamin 4:34, 38, 40–1, 50; 5:10
Franklin, Kenneth 9:12
Franklin, Rosalind 9:6, 10
Franklin-Adams, John 7:35
Fraunhofer, Joseph von 5:18, 26
Fraze, Ermal 9:20
Fréchet, Maurice 7:27
free association 7:48
free energy 6:48
Freeman, Ralph 8:22
French, Paul 10:18
Freon 8:18
Fresnel, Augustin Jean 5:26, 26
Freud, Sigmund 7:6, 19, 48*; 8:10
Fricke, Hans 10:13
Friedel, Charles 6:38
Friedman, Herbert 9:13, 19
Friend, Richard 10:18
Fries, Elias 5:30
Friese-Greene, William 7:10
Frisch, Karl von 7:43
Frisch, Otto 8:40
Frisius, Regnier Genna 3:36
Fritsch, Karl 8:7
frontier orbital theory 10:47
fructose 5:14, 7:7
fruit flies 10:38, 40, 41
fruits, cultivation 1:10, 11, 18, 19, 50
Fry, Arthur 9:33
fuel cells 9:15; 10:34
fuel injection systems 9:26
Fu Hsi 2:31
Fukui, Kenichi 10:47*
Fuller, Calvin 9:9
Fuller, Richard Buckminster 8:42, 9:9, 9, 48*; 10:12
Fulton, Robert 5:22, 22, 48*; 6:8, 8–9, 9, 28, 29
fungi, classification 5:30
Funk, Casimir 7:34
Furchgott, Robert 10:13, 48
fusion reactor 10:24–5, 25
Fust, Johann 3:28, 48*, 49
fuzzy logic 9:26

G

Gabelich, Gary 9:32
Gabor, Dennis 8:42
Gaddi, Taddeo 3:20
Gadolin, Johan 5:14
gadolinium 5:14
Gaffky, Georg 6:43
Gagarin, Yuri 9:9, 20, 21
Gaggia, Achille 8:30
Gahn, Johan 4:43
Galaisière, Guillaume Legentil de la 4:38
galaxies 2:41, 51; 3:31, 31, 43, 49, 50; 7:48, 8:6, 6, 35, 46; 10:12, 13, 31, 50, 51
  classification 7:49; 8:11, 11; 10:49
  see also Milky Way
galena 3:26
Galen of Pergamum 2:21, 39, 48–9*, 49; 3:12, 17, 36
Galilei, Galileo 2:50; 3:42, 43, 48, 49, 50, 51, 4:6, 7, 8–9, 12, 12, 16, 24, 25, 25, 46, 51, 6:36, 9:44, 10:24
Galilei, Vincenzio 4:7, 12
Gall, Franz 5:15
Galle, Johann 6:10, 49
galleons 3:35
galleys 2:15
gallium 6:32
Gallo, Robert 10:7, 47*, 49
gallstones 6:27
Galton, Francis 6:30, 7:11
Galvani, Luigi 4:42–3, 43; 7:8
galvanizing 4:34
galvanometer 5:42
Gama, Vasco da 3:30, 38, 39, 48–9*
game theory 8:15, 38
gamma radiation 9:30, 46, 49
gamma rays 7:19
Gamow, George 8:27, 42, 48*
Ganga River technology 2:18–19
Garand, John 8:23
Gardner, William 7:44
Garnerin, André 5:10, 14
Garrett, George 6:29
gas 1:41; 9:27, 3:43
Gascoigne, William 4:7
gas engines 6:38, 44
gases 4:50
  kinetic theory 4:35
  liquefaction of 6:30, 7:47
  specific heat 5:27
gas masks 7:38
gas meter 5:26
Gassendi, Pierre 4:6, 11, 47*
gastric juices 4:38
Gates, Bill 9:40; 10:8, 10, 47*
Gatling, Richard 6:22, 22; 7:44
Gauss, Karl 5:14, 18, 30, 35, 38; 6:25
Gautier, Hubert 4:27
Gay-Lussac, Joseph 5:18, 23
gear-cutting machine 4:34
gears, sun and planet 4:45
Geber (Abu Musa Jabir Ibn Hayyan) 2:35, 38, 39
Ged, William 4:30
geese, domestication 1:34
Gehring, Walter 10:7
Geiger, Hans 7:31
Geissler, Heinrich 4:16, 17; 7:16
Geitel, Hans 7:14
gelatin emulsion 5:33
gel electrophoresis 9:24
Gellibrand, Henry 4:6
Gell-Mann, Murray 9:18, 19, 31, 48*
Gemini space program 9:20
generators 5:43; 6:42, 48
  electrostatic 4:26
  wind-powered 10:20
genes 7:31; 9:25; 10:19, 40
  artificial 9:38
  homeobox gene sequence 10:7
  "jumping" 9:6, 49
gene therapy 10:24
genetic codes 9:19, 10:31
genetic engineering 9:11, 30, 31; 10:6, 13, 18, 25, 25
genetic equilibrium 7:30
genetic (DNA) fingerprinting 10:7, 12, 13, 41, 48, 50
genetics 5:45; 6:20–1, 7:26
genomes 10:41
Gentry, Tom 10:20
geodesic construction 8:19
geometry 2:7, 29, 30, 40, 46, 48, 50, 3:7; 5:34
  coordinate (analytic) 3:20; 4:6, 46
  differential 5:35
  non-Euclidean 6:15
  projective 3:26
  spherical 2:21, 39
Georges Pompidou National Center for Art and Culture (Paris) 9:40
Gerard, John 3:44
Gerard of Cremona 3:12
Gerber, Heinrich 6:27
Gerbert of Aurillac (Pope Sylvester II) 2:41, 49*, 3:22
Gerd Boyen, Hans 10:39
Gergonne, Joseph 5:23
Gerhard, William 5:43
Gerhardt, Charles 6:15, 7:36
germanium 6:32; 7:6, 9:36, 47
germs 3:48
germ theory of disease 6:6, 40–1, 51
Gershom, Levi ben 3:17, 20; 4:36
Gesner, Conrad von 3:36
Ghiorso, Albert 9:12, 18, 51
Giacconi, Riccardo 9:19, 10:51
giant panda 8:26
Giauque, William 8:18
Gibbon, John, Jr. 9:7, 8
Gibbs, J. Willard 6:35, 42
Gibbs, William 8:31
Giffard, Henri 6:15, 7:24, 24
Gilbert, William 3:42, 49*
Gilchrist, Percy 6:39
Giles of Rome 3:16
Gill, David 6:42
Gillette, King 7:15, 15
Giocondo, Fra Giovanni 3:31
glacier tables 5:11
Gladman, Brett 10:30, 31
glanders 6:40
glass
  electrochromic 9:33
  float process 9:14
  heat-resistant 7:30
  lead crystal 4:14
  nonreflective 8:30
  red 4:18
  silvering 4:25
glassblowing 2:20
glass fiber 4:27
glass-making 1:27, 49
glassworks 4:7
Glauber, Johann 4:7
Glaucus of Chios 2:6
Glenn, John 8:36, 9:20, 21; 10:16
gliders 5:22, 47; 6:15, 38, 39; 7:11, 15, 28, 29, 49, 51
  model 5:19, 19, 47
Glisson, Francis 4:10
global warming 7:15, 10:18, 36–7
Glock, Gaston 10:15
glucose 5:23
gluons 9:19, 39
Glushko, Valentin 9:14
glutathione 8:6
glycerol 4:51
glycine 6:51
glycogen 7:11
gnomons 1:26, 26, 48, 2:46, 3:17, 22
goats, domestication 1:10, 22, 50
Goddard, Robert 8:14, 14, 17, 48*
Gödel, Kurt 8:19
Godfrey, Thomas 4:36–7
Godowsky, Leopold, Jr. 8:26
Goeppert Mayer, Maria 8:43
Goethals, Colonel George 7:40
Göhring, O. H. 7:35
goiter 2:35; 5:27, 39; 6:42
gold 1:38, 10:39
Gold, Thomas 8:42, 9:25
gold amalgam 2:20, 51
Goldberger, Joseph 7:38
Golden Hind 3:38
Goldhaber, Maurice 8:31
Goldmark, Peter 8:43
Goldstein, Eugen 6:35, 7:6
Golgi, Camillo 6:34
Golitsyn, Boris 7:26
Gomberg, Moses 7:19
Goodfellow, Peter 10:19
Goodpasture, Ernest 8:19
Goodricke, John 5:10
Goodyear, Charles 5:43
Gorgas, Colonel William 7:40
Gosling, James 10:27
gout 4:18
governor, centrifugal 5:9, 9
Graaf, Regnier de 4:15
Graebe, Carl 6:27
Graf, Urs 3:31
Graham, Evarts 9:6
Graham, George 4:12, 27, 30
Graham, Thomas 5:35; 6:23
grain 1:51
Gram, Hans 6:40, 43
Gramme, Zénobe 6:31
gramophone record (disk) 7:7
grapes 1:26; 2:14
graphite 3:30
Graves, Robert 5:39
gravitational constant 7:11
gravity 3:42, 51; 4:20
  acceleration due to 4:8, 8; 5:10; 10:24
gravity (cont.)
  Bouguer anomaly 4:31
  gravitational constant 4:43; 5:46
  laws of 4:19, 20, 20, 43, 47
Gray, Asa 5:42
Gray, Elisha 6:46
Gray, Henry 6:19
Gray, Stephen 4:30, 34
Gray, Thomas Cecil 8:39
Great Exhibition 6:14, 16–17
Great Wall of China 2:14, 15
Greek fire 2:27, 34, 47
Green, Andy 10:35
greenhouse effect 10:36–7
greenhouse gases 10:18
Greenwich meridian 4:18, 37
Gregoire, Marc 9:9
Gregor, William 5:11
Gregory, Charles 6:6
Gregory, James 4:14, 24–5, 47*
Greiss, Johann 6:22
Grew, Nehemiah 4:18, 23
Griffin, Donald 8:31, 31
Grignard, François 7:22
grindstones 1:28
Grove, William 7:9
growth hormone, human 8:38; 9:30; 10:6
Guericke, Otto von 4:11, 16–17, 17, 46
Guérin, Camille 7:26
Guido d'Arezzo 3:6, 49*
Guillemin, Roger 9:38
Guillotin, Joseph 5:11
guinea pigs, domestication 1:23, 34, 50
guitars, electric 8:43
Guldberg, Cato 6:23
Gum, Colin 9:7
guncotton (nitrocellulose) 6:10, 50; 7:44, 47
gunnery manual 3:21
gunpowder 2:40; 3:6, 13, 17, 24–5, 46
  bombs 3:12, 24, 24
guns 3:24–5, 30, 7:44
Gunter, Edmund 3:43
Gurdon, John 10:32
Gurney, Goldsworthy 7:20
Gusmao, Bartholomeu de 4:26
Gutenberg, Beno 7:38
Gutenberg, Johannes 2:43, 3:26, 28, 47, 48, 49*
Guth, Alan 10:6, 47*
Guthrie, Samuel 5:38
Gutton, Henri 8:33
gynecology 2:21
gyrocompass 7:30, 34

H

Haber, Fritz 7:30, 42, 48*; 9:50
Hadley, George 4:34
Hadley, John 4:30, 36
Hadrian 2:21, 21
Haeckel, Ernst 6:31
Hagia Sophia 2:34, 34
Hahn, Otto 8:30, 40
Hahnemann, Samuel 5:14
Haldane, John B. S. 10:32
Hale, Alan 10:30, 30
Hale, George 7:30, 43
Hale, William 8:16
Hales, Stephen 4:30
Hall, Asaph 6:38
Hall, Charles 7:6
Hall, Chester 4:24, 31
Hall, Edwin 6:38; 10:48
Hall, G. Stanley 8:7
Hall, Marshall 5:38
Halladay, Daniel 3:9, 9
Halley, Edmond 4:19, 22, 22–3, 27, 39, 47*; 5:50
Hallidie, Andrew 6:27
Hamilton, William 6:7
Hammer, John 7:38
hammers, stone 1:12
Hammond, Laurens 8:23
Hammurabi 1:34, 34, 46
hand grenades 7:38
Hansen, Armauer 6:30
Hansen, James 10:18, 36
Hansom, Joseph 5:39
Hantzsch, Arthur 6:42, 42
Harden, Arthur 7:23
Harding, Karl 5:18
Hardy, Godfrey 7:30
Hare, Robert 5:18
Hargrave, Lawrence 7:11, 14
Hargreaves, James 4:39; 5:12
Harington, John 3:42
Harkness, Ruth 8:26
Harkness, William 8:26
harmonics 2:30
harnesses 1:19
harpoons, bone 1:11
harpsichord 4:30
Harrington, Robert 9:39
Harriot, Thomas 4:6
Harris, B. J. 9:30
Harrison, Ian 10:34
Harrison, James 6:22
Harrison, John 4:12, 27, 30, 31, 34, 36, 36, 37
Harrison, Ross 7:27
Hartmann, Johannes 7:23
Harvey, William 4:6, 6, 47*
Harwood, John 8:11
al Hassan al Rammah 3:17, 24
Hassel, Odd 8:19
Hasselblad, Victor 8:34
hassium 10:12
Haüy, René 5:7
Havers, Clopton 4:22
Hawking, Stephen 10:18, 18, 47–8*
Hawkins, John 3:37, 44, 45
Hawksbee, Francis 4:16, 17, 23, 26
Haworth, Norman 8:23
Hayes, William 9:11
hay fever 7:26
hearing aids 9:9
heart
  artificial 9:41; 10:7, 42
  artificial valves 9:9
  cardiac defibrillator 10:51

8:35
Kilby, Jack 9:15, *15*, 32, 36–7
Kildall, Gary 10:10
kinetic energy 6:18
King, Charles 8:22
King, Franklin 7:10
King, Thomas J. 10:32
Kingsley, Gershon 9:*21*
Kirch, Gottfried 4:19
Kircher, Athanasius 4:10, *10*, 11
Kirchhoff, Gottlieb 5:23
Kirchhoff, Gustav 6:22, *22*, 47, 7:50
kites 1:41, 48, 3:12, 7:14, 28, *28*
Kjeldahl, Johan 6:43
Klaproth, Martin 5:11, 14
Klaus, Karl 5:35
Klebs, Edwin 6:43
Klic, Karl 7:15
Klinkenberg, Dirk 4:35
Klitzing, Klaus von 10:6, 48*
knee-jerk reflex 6:34
knitting machine 3:42, 49
knives, flint 1:10, *10*
Koch, Robert 6:38, 40, 42, 49*, 7:11
Kocher, Emil 6:42
Köhl, Hermann 8:15
Köhler, Georges 9:38
Kohlrausch, Friedrich 6:31
Kohoutek, Lubos 9:30
Koichi Ichikawa 7:39
Kolbe, Hermann 6:11, 19; 7:36
Kolff, Willem 8:35
Kolhorster, Werner 8:18
Koller, Carl 6:43
Kolliker, Rudolf von 6:6, 11
Kolreuter, Josef 4:39, *39*
Komarov, Vladimir 9:26
Komodo dragon 7:34, *34*
Kompfner, Rudolf 8:39, 9:48*
Komppa, Gustav 7:23
König, Friedrich 3:*29*; 5:23
Königsberg Bridges problem 4:38, *38*
Kopff, August 7:26
Korn, Arthur 7:22
Kornberg, Arthur 9:12, 24, 49*
Korolev, Sergei 8:17
Kossel, Albrecht 6:39, 43; 7:15
Koster, Laurens 3:26, 28
Kosterlitz, Hans 9:38
Kotaro Honda 7:38
Kouwenhoven, William 8:22
Kowal, Charles 9:31, 39
Kozyrev, Nikolai 9:13
Krebs, Arthur 7:24
Krebs, Hans 8:27
Kreutz, Heinrich 7:7
Kroto, Harold 10:12
Krupp, Friedrich 6:47
krypton 7:18, 51, 10:39
Kuhn, Bernard 5:10, *11*
Kuhn, Richard 8:23, 30
Kuhne, Wilhelm 6:38
Kuhnold, Rudolf 8:32
Kuiper, Gerard 8:42, 9:*7*
Kumara Gupta 2:19
Kunckel, Johann 4:18
Kundt, August 6:27
Kunkel, Louis 10:13
Kuo Shou Ching 3:16
Kurchatov, Igor 8:38, 40
Kurtz, Thomas 9:21; 10:11
Kusch, Polykarp 9:9
Kützing, Friedrich 5:43
Kwolek, Stephanie 9:26

L

Lacaille, Nicolas de 4:39
lactate 7:27
Laënnec, René 5:27
Lagrange, Joseph 4:39; 5:11

Jeffreys, Alec 10:13, 41, 48*
Jenner, Edward 5:14, *14*
Jenney, William 7:6
Jensen, Nicolas 3:*27*
Jerez, Rodrigo de 3:45
Jerne, Niels 9:38
Jessop, William 5:25
jet engines 8:18, 39, 51
Jobs, Steven 9:40
Johannsen, Wilhelm 7:31
Johanson, Donald 9:31
Johnson, Harold 10:49
Jokichi Takamine 7:22
Joliot Curie, Irène and Frédéric 8:8, 23, 30, 40
Jones, Brian 10:35
Jones, Harold Spencer 8:34
Jones, William 4:26
Josephson, Brian 9:18
Jouffroy d'Abbans, Claude 5:7, 6:8
Joule, James 6:6, 7, 11, 15, 48, 48–9*, 51
Joyner, Fred 9:8
J/psi particle 9:31
Judson, Whitcomb 7:14
Jung, Carl 7:48, 8:31
jungle fowl, domestication 1:18
junks 3:21, 34
Jupiter 4:14, *14*, 47, 8:30, 9:6, 12, 10:25, *25*, 28
moons 3:43, 50, 4:8, *9*, 28, 46, 7:11, 30, 9:31, 39; 10:34, 38, 42, *42*
space probes 9:33, *34–5*, 35, 40; 10:20, 26, *26*, 27, 34, 42
Just, Ernest 8:11

K

Kaiser, Henry 8:*31*
Kalashnikov, Mikhail 8:42
kaleidoscope 5:26
Kamen, Martin 8:31
Kamerlingh Onnes, Heike 10:27
Kanellopoulos, Kanellos 10:20
Kao, Charles 9:26
kaon 9:48
Kapany, Narinder 9:14
Kaplan, Viktor 6:12, *12*
Kapor, Mitchell 10:9
Kapteyn, Jacobus 7:18
Karman, Theodore 8:31
Karrer, Paul 8:19, 26
Kastler, Alfred 9:6
Kato Shirozaemon 3:13
Katsusaburo Yamagiwa 7:39
Katsuyoshi Hoshino 10:38
Kavelaars, J. J. 10:31
Kay, John 4:31, *31*; 5:13
Keeler, James 7:15
Keenan, Philip 10:49
Keilin, David 8:11
Keith, Arthur 7:27
Kekulé, Friedrich 6:19, *26*; 7:47; 10:20
Kellman, Edith 10:49
Kellogg, John 7:14
Kelvin, Lord *see* Thomson, William
Kemeny, John 9:21; 10:11
Kendall, Edward 7:38, 8:42
Kendrew, John 9:18, 48*, 50
Kennelly, Arthur 7:*22*
Ken Shou Ch'ang 2:15
Kepler, Johannes 3:*42*, 43, 48; 4:6, 24, 47, 48*
Kettering, Charles 7:23
Kevlar 9:26
Keynes, John Maynard 8:*7*
Khorana, Har 9:38
Khryashtchev, Leonid 10:39
al-Khwarizmi 2:39, 40, 3:7, 10, 51
kidney dialysis machine

imprinting, in animals 8:49
incubators 2:*6*; 3:42
India rubber 4:34
indices, negative 3:30
indigo 6:39, *39*
indium 10:46
induction coil 7:48
induction motor 7:51
Indus civilization 1:50*
inertia 3:*26*, 47
infinite series 4:47
information theory 8:42
Ingenhousz, Jan 5:7
Ingersoll, Simon 6:31
Ingold, Christopher 8:14
inheritance (acquired characteristics) 7:7
ink 1:41
inkblot test 8:6, *6*
Innes, Robert 7:39
inoculation, *see* vaccination
insects 4:31
classification 5:6
flower pollination 4:39, *39*
metamorphosis 4:14
sex determination 7:26
insulators, electrical 4:30
insulin 6:30; 8:6, 7, 14, 46, 9:12, 25, 48, 50; 10:6
insulin shock treatment 8:18
integrated circuits 9:15, *15*, *36*, *37*, *37*; 10:10
integrated services digital network (ISDN) 10:20
intelligence quotient (IQ) 7:26
Intelsat 9:21, 26
intercontinental ballistic missiles (ICBMs) 9:9
interferon 10:6
internal combustion engines 6:44–5, 46; 7:6, 10
diesel engine 6:45, 47–8
four-stroke 6:44, *45*, 46
gas burning 6:19, 35
two-stroke 6:44, *44*, 46
Wankel engine 6:45
Internet 10:27, 44
interplanetary medium 10:51
introns 9:38
invar 4:*12*
invertase 6:31
in vitro fertilization (IVF) 9:25, *25*, 39
iodine 5:23, *27*, 32
ionosphere 8:10
iron 1:38; 3:24
magnetization 7:42
in red blood cells 8:11
iron lung 8:15
iron smelting 1:40, 48, 49; 3:43; 4:26, 32–3, 46
hot-air process 5:34
ironworking 1:41, 49; 2:19
irrigation systems 1:41, 46, 2:19, 40
Ishango bone 1:*42*
Isidorus of Melitus 2:34
isobutane 6:26
isotopes 7:35, 50; 8:46
beta decay 8:27, 47
whole number rule 8:6
Issigonis, Alec 9:15, *15*

J

Jablochkoff, Pavel 6:35
Jackson, John 6:23
Jacob, François 9:18
Jacobi, Moritz von 5:42
Jacquard, Joseph 5:19, 8:44
Jacuzzi, Candido 9:27
Janney, Eli 6:27
Janowsky, David 9:31
Jansen, Zacharias 3:42
Jansky, Karl 8:19; 9:22
Janssen, Pierre 6:27
Jarchus, Solomon 3:7
Jarvik, Robert 9:41; 10:42
Jeans, James 7:43

Howd, Samuel 6:12
Howe, Elias 6:10, *10*
Howell, William 7:42
Hoyle, Fred 8:42
Hsi Han 2:29
Huang Fu Mi 2:28
Huang Ti 2:31
Hubble, Edwin 7:42, *42–3*, 48–9*, 8:11, *11*, 18, 10:28
Hubble Space Telescope 10:8, 20, 25, 26, 28–9, 31, *31*, 42
Hückel, Erich 8:10, 22
Hufnagel, Charles 9:9
Huggins, Charles 8:34
Huggins, William 6:26, 27
Hughes, David 6:*24*, 25, 39
Hughes, John 9:38
Hull, Albert 8:6, *32*
Hulse, Russell 9:31
Hulsmeyer, Christian 8:32, *32*
Human Genome Organization (HUGO) 10:18
Human Genome Project 10:12, 19, 38, 40–1, 51
humans, early 1:12–13
Humery, Konrad 3:28, 49
Hünefeld, Guenther von 8:15
Hunley, Horace 6:28
Huntsman, Benjamin 4:34
Hurst, G. Samuel 9:38
Hussey, Obed 5:16–17, 38
Hutton, James 5:10, 14
Huxley, Andrew 9:6
Huygens, Christiaan 3:22; 4:*10–11*, 11, 12, 14, 18, 21, 24, 48*
Hyakutake, Yuji 10:30
Hyatt, John 6:30
hydraulic press 5:14, 46
hydrocarbon substitute 10:18
hydrochloric acid 3:42, 5:30
hydrocyanic acid (prussic acid) 4:42, 51
hydrogen 4:42, 50; 5:46, 6:22, 31; 7:46, 47; 8:15
hydrogen atoms 6:42; 8:14, 50
hydrogen bombs 9:7, *7*, 9, 14, *27*
hydrogen chloride 4:50
hydrogen ions, in space 8:30
hydrogen isotopes 8:22
hydrogen peroxide 5:27
hydrogen sulfide 4:50
hydrometer 2:28, 4:18, 42
hydroponics 6:22
hygrometer 4:19
Hyland, Lawrence 8:32
hypermetropia (farsightedness) 6:19
hypertension 9:6
hypnotism 5:6
hypodermic needle 6:14
hyposulfite of soda (hypo) 5:*27*
hysteresis 6:39

I

ibex 10:38
IBM 8:10, 44
Ibn al Baytar 3:13
Ibn Hayyan, Abu Musa Jabir (Geber) 2:35, 38, 39
Ibn Ishaq, Hunayn 2:40
Ibn al Nafis 3:16
ice ages 5:42, *42*
Iceland 2:41, 44
iconoscope 8:10, 13, 51
Ignarro, Louis 10:13, 48*
iguanodon 5:31, *31*, 49
Ikeya Kaoru 9:24
Illmensee, Karl 10:32
Imhotep 1:30, *31*, 49
immunoglobulin 9:25
impetus 3:20, 47

Hieron II 2:16, *16*
Higginson, Alfred 6:14
Higgs, Peter 9:19
Hill, Andrew 10:12
Hill, Bradford 9:6
Hipparchus of Nicaea 2:15, 29, 49*, 50; 6:36
Hippocrates of Kos 2:7, 39, 46, 48, 49*
Hire, J. N. de la 4:27
Hirn, Gustave 6:7
Hirst, Edmund 8:23
His, Wilhelm 7:14
Hisinger, Wilhelm 5:46
histamine 7:34
histidine 7:15
histones 6:43
Hitchings, George 9:6, 47, 48*
Hittites 1:38, 40, 46, 49–50*
Hittorf, Johann 7:16
HIV 9:39; 10:7, 47, 49
Hjelm, Peter 5:7
Hoagland, Mahlon 9:12
Hockham, George 9:26
Hodgkin, Alan 9:6
Hodgkin, Dorothy 8:39, 9:12, *13*, 25, 48*
Hoerni, Jean 9:37
hoes 1:*28*, 8:7
Hoff, Ted 9:32
Hoffman, Felix 7:36
Hoffmann, Roald 9:25, 51; 10:48*
Hofmann, Albert 8:35
Hofmann, August 6:27, 47, 51
Holek brothers 7:45
Holland, John 6:29; 7:19
Hollerith, Herman 7:10, 8:44
Holman, Matthew 10:31
Holmes, Arthur 7:35
Holmes, Oliver Wendell 6:11
holmium 6:39
holography 8:42
Holonyak, Nick, Jr 9:20
Holt, Luther 7:42
Homburg, Wilhelm 4:22
homeopathy 5:14
homeostasis 8:22
Homer 2:6
Homo erectus 1:10, 12–13, 14; 7:10, 8:14; 9:49, 10:12, 49
Homo floresiensis 10:39, *39*
Homo habilis 1:10, 12, 12–13; 9:18, 31, 49, 10:49
Homo sapiens 1:10, 12, *12–13*; 10:18
Honain ben Isaac 2:39
Honnecourt, Villard de 3:12
Hooke, Robert 3:23; 4:11, 14, *14*, 18, 19, *19*, 20, 25, 29, 47–8*, 48
Hope, Thomas 5:14
Hopkins, Frederick Gowland 7:27, 8:6
Hopper, Grace 9:9
Hoppe Seyler, Felix 6:23, 31
hormones 7:22, 9:7, 30
Horrocks, Jeremiah 4:6
horsepower 5:9
horses
domestication 1:19, *19*, 22–3
harnessed in pairs 2:20, 3:6
horseshoes 2:15
Horton, Joseph 8:14
Horwitz, Robert 10:40
hospitals 2:41; 3:16
Hoste, Paul 4:22
Hotchkiss, Benjamin 6:31, 7:45
hourglass 3:*17*, 22
houses
Egyptian 1:27
reed 1:19
hovercraft 9:8, 9, 47
Howard, Edward 5:18
Howard brothers 8:7

catheterization 8:18
coronary angiograms 10:51
implanted pump 10:25
pacemakers 9:15, 18, 10:51
surgery 7:14, 39, 9:7, 8, 24, 46
transplant 9:24, *24*, 25, 46
heart lung machine 9:7, 8
heat 5:15, 39, 50, 51, 6:23
mechanical equivalent 6:7, 49
Heatley, Norman 8:21
Heaviside, Oliver 7:11, *22*
heavy water 8:51
hectograph 5:9
Hedley, William 5:23, *23*
Heeger, Alan 9:38
Heisenberg, Werner 8:9, 14, *15*
Helicobacter pylori 10:*7*
helicopters 8:26, 28–9, 30, 38
gyroplane 7:27
Helm, Eleanor 10:7
heliograph 5:30
helium 6:27; 7:15, 23, 30, 43, 50, 51
helium-6 isotope 10:39
Heller, Adam 10:6
helmets, bronze 1:*38*
Helmholtz, Hermann von 6:11, 14, 42, 48*, 7:48
hematite 1:38
heme 8:18
hemoglobin 6:23; 9:7, 13, 50
hemophilia 5:19; 6:21
Hench, Philip 8:42
Henle, Jacob 6:6, 40
Henlein, Peter 3:22, 23, 31
Hennebique, François 7:11
Henneman, Nicholas 5:33
Henning, Hans 7:19
Henry, Prince of Prussia 7:34
Henry, Joseph 5:38, 39, 48*, 50, 6:10, 11, 25
Henry, William 5:18
Henson, William 7:29
heparin 7:42
hepatitis 10:6, 19
Hérelle, Felix d' 7:38
Hermite, Charles 6:34
hernias 3:21
Herod the Great 2:20
Hero of Alexandria 2:20, 49*
Herophilus of Alexandria 2:7, 49*
Héroult, Paul 7:6
Herschel, Alexander 5:49
Herschel, Caroline 5:10, 49
Herschel, John 5:27, 30, 49
Herschel, William 4:*24–5*, 43, 5:10, 11, 18, 23, 48–9*
Hershey, Alfred 8:39
Hertz, Heinrich 7:7, 12, 23, 48*
Hertzsprung, Ejnar 7:30, 32–3, 8:10
Hess, Germain 6:7
Hess, Victor 7:34, *34*
Hevelius, Johannes 4:*7*, 11, 24, 9:44
Hevesy, Georg von 7:34
Hewish, Antony 9:*24*, 25, 46
Hewitt, Peter Cooper 8:28
hexonuric acid 8:*22*
Hey, Stanley 8:35
Heyrovsky, Jaroslav 7:43
Hideki Shirakawa 9:30, 38
hieroglyphs 1:24, *24*, 26, 48

set of all sets paradox 7:*22*
set theory 7:30
tensor 7:19
see also algebra, geometry; logarithms; trigonometry
Mathijsen, Antonius 6:15
Matsumura, Kenneth 10:19
matter 5:10, 43
Matthews, Dennis 10:14
Matthias, Bernd 9:25
Mauchly, John 8:39, 43, 45, *45*; 9:8, 47, 49*; 10:46
Maudslay, Henry 5:18
Maunder, Walter 7:14
Maupertius, Pierre de 4:34, *34*
mauveine 6:18, 51
Maxim, Hiram 6:42, 49–50*, 7:29, 44–5, *44*, *45*
Maxwell, James Clerk 6:18, 23, 27, 34, *34*; 7:12, 15, 47, 51
Mayan civilization 2:12, 24–5
Maybach, Wilhelm 6:44
Mayer, Julius von 6:6, 7, 11
Mayor, Michael 10:25
measles 2:39, 40, 51, 9:13
measures 1:44–5; 2:40, 3:30
measuring scale 4:6
Méchain, Pierre 5:11
mechanics 5:11
mechanisms, drawings 3:12
medical surgical books 2:50; 3:6, 7, 12, 21, 26, 36, 43, 46
medicine 2:20, 39, 47, 49–50, 51
ancient 1:30–1, 34
Chinese 2:30
license to practice 3:7
megaphone 6:48
Megenberg, Conrad von 3:27
Meigs, Montgomery 6:22
Meikle, Andrew 3:9, 5:11, 16
Meissner, Georg 6:15
Meitner, Lise 8:40; 9:17
meitnerium 10:6
melamine 5:38
Mellanby, Edward 8:7
Melotte, Philibert 7:30
Melzi, Francesco 3:32
Mendel, Gregor 5:45, 6:20–1, 26
Mendel, Lafayette 7:35
Mendeleev, Dmitri 6:30, 32–3, 7:6
mendelevium 6:33, 9:12, 51
Menelaus of Alexandria 2:21
Meng T'ien 2:30
Menten, Maude 7:35
Menzel, Donald 8:23
6-mercaptopurine 9:6, 47
Mercator, Gerardus 3:36, *37* 50*
mercury (metal) 2:38, 51
Mercury 4:6, 7, 47, 7:10, 50
space probes 9:33, 10:43
Mergenthaler, Ottmar 6:43
Mersenne, Marin 4:7
Meselson, Matthew 9:12
Mesmer, Friedrich 5:6, *6*
mesomerism 8:14
meson 9:31
Mesopotamians 1:50*
messenger RNA (mRNA) 9:18
Messerschmitt, Willy 8:26, 35, *35*, 49*
Messier, Charles 4:30; 5:7
metabolism 3:43
metal casting 1:26, *41*
metal planing machine 5:27
2:38, 40
Mandelbrot, Benoit 10:6, *6*, 49*
manganese 4:43, 51
Manhattan Project 8:35, 40, 47, 51
Mannes, Leopold 8:26
manometers 4:14, 5:*27*
Mansion, Colard 3:28, 47
Mantell, Gideon 5:31, 49*
Mantell, Mary Ann 5:31
maps 1:35, *47*, 2:20, 3:6, 7, 50
geologic 5:26
magnetic variations 4:22, *22–3*
of the Moon 4:10; 6:36–7, 38, 9:44
projections 3:36, *37*, 50
Maraldi, Giacomo 6:37
marble sculptures 1:26
Marconi, Guglielmo 7:12, *12*, *13*, 22, 46, 47, 48, 49*, 9:36
Marco Polo 3:38
Marcus, Siegfried 6:44
Marggraf, Andreas 4:35, 39
Marie, Pierre 7:6
Marinsky, Jacob 8:42, 9:16
Marinus of Tyre 2:20
Mariotte, Edmé 4:14, 18, 46
Marius, Simon 3:43, 49–50*
Markham, Fred 10:14
Markov, Andrey 7:27
Marrison, Warren 8:14
Mars 4:15, 46, 48; 6:36–7, 7:26, 50
microfossils 10:30, *30*
moons 6:38
space probes 9:20, 32, 33, 34–5, 40, *40*; 10:27, 34, *34*, 35, 39, 42, 43
Marsden, Ernest 7:31, *31*
Marsh, James 5:42
Marshall, Barry 10:7
Marsigli, Luigi 4:26
Martin, Archer 8:38
Martin, James 8:39
Martin, Pierre 6:26
Martine, George 4:31
Martini, Francesco di Georgio 3:30
Mary Rose (warship) 3:35, *35*
maser 9:7, 28
Maskelyne, Nevil 4:37, 42, 43
mass
calculation of 7:11
conservation of 4:43
measurement of 10:43
mass production 7:21, 47
mass spectrograph 8:46
Masursky, Harold 10:38
matches 1:14; 2:34; 4:19, 5:34
safety 6:18
matchlock 3:24, 26
mathematical signs/symbols
division 4:11
e 4:30, 6:34
greater than (>) 4:6
infinity (∞) 4:11
less than (<) 4:6
multiplication sign 3:43
pi (π) 2:17, 21, 29, 4:26, 42, 6:34
square root 3:36
mathematics
advances in 3:10–11
books/journals 3:20, 30; 5:23
equation solving 1:35, *47*
graphical statics 6:31
infinite series 5:10
method of least squares 5:14
partial differential equations 4:35
proof 8:26
11, *11*
lymphoma 9:13
Lynden Bell, Donald 9:25
Lyon, Mary 9:18
lysergic acid 9:51
lysergic acid diethylamide (LSD) 8:35
lysozyme 8:7, 20, 48
Lystrosaurus 9:30

M

McAdam, John 5:26
MacArthur, Ellen 10:42
McCandless, Bruce 10:14, *14*, 16
McClintock, Barbara 9:6, 49*
McCollum, Elmer 7:35; 8:7
McCormick, Cyrus 5:16–17, 38; 6:16
McCormick, Robert 5:16
McCormick, Stephen 5:16, 27
MacCready, Paul 9:41
MacDiarmid, Alan 9:38
McDowell, Ephraim 5:23
MacEwen, William 6:39
Mach, Ernst 7:7
machine guns 4:27; 6:22, *22* 6:31; 7:44–5
fully automatic 6:42, 49–50
light (LMGs) 7:45
submachine guns 7:45
machine pistols 7:44
Macintosh, Charles 5:15, 31
McKay, David 10:30
MacLean, Malcolm 9:9
Macleod, John 8:7
McMillan, Edwin 8:31, 9:16–17, 50
Macmillan, Kirkpatrick 5:43
Macquer, Pierre 4:42
Macready, John 8:7
macromolecules 8:7
Maddox, Richard 5:33
Madsen, Captain W. 7:45
Maelzel, Johann 5:26
Magdeburg spheres 4:11, 16, *16–17*, 17
Magee, Carlton 8:26
Magellan, Ferdinand 3:*30*, 31, 38, *39*, 49*
magic lantern 4:10, *10*
magnesium sulfate 4:23
magnetic declination 4:6
magnetic deviation 3:*18*, 19
magnetic dip 3:42
magnetic fields 5:37, 46
magnetic induction 5:31
magnetic levitation (maglev) 10:*22*, 23
magnetic resonance imaging (MRI) 9:*30*, 31
magnetic variations 4:22, *22–3*
magnetohydrodynamic generators 9:32
magnetron 8:6, 32–3, *32*
magnets 3:16, 18, 49; 10:23
magnification 3:16, *16*
Magnus, Albertus 3:16, 46*, 51
Magnus, Heinrich 6:15
Maiman, Theodore H 9:20, 28, *28*, 29
al Majusi, Ali Abbas 3:6
Maksutov, Dmitri 8:34, *34*
malaria 4:27, 6:39, 41; 7:18, 42, 9:51
Malouin, Jean Paul 4:34
Malpighi, Marcello 4:11, *11*, 47
Malthus, Thomas 5:15, 45
Malus, Étienne 4:15; 5:22
Mamluk Sultan Qala'un 3:16
mammoths 1:10, *10*; 5:14, 9:38
al Ma'mun, Abdallah
Lillehei, Clarence 9:15
lime production 3:17
Linacre, Thomas 3:31, *31*
Lind, James 4:35
Lindbergh, Charles 8:15, *15*
Lindblad, Bertil 8:10
Linde, Andrei 10:6, *47*
Linde, Karl von 6:35, 47
Lindenthal, Gustav 7:42
Linderstrøm Lang, Kaj 9:6
Lindow Man 10:12
Lindstrand, Per 10:15, 21, 46
linear accelerators 8:38, 9:24
Linn, Stewart 9:11
Linnaeus, Carolus 4:34, *34*, 49*
Liouville, Joseph 6:14
Lipmann, Fritz 8:34, 42
Lippershey, Hans 3:43, 4:24
liquid crystal display 9:32, *32*
Lisle, Jean Romé de 4:43
Lister, Joseph 6:*27*, 49*
Lister, Joseph Jackson 6:49
lithium 5:27
lithotripsy, ultrasonic 10:6
Liu Hsin 2:20
Liu Hui 2:21
llamas, domestication 1:23, *27*, 50
Llull, Ramón 3:17
Lobachevski, Nikolai 5:34
lobotomy 8:26
locks (canal) 2:41, 3:26; 5:20, *21*
locks (security devices) 1:19, 46; 5:46; 6:26, *26*
Lockyer, Joseph 6:27
locomotives 6:14, 8:34
lodestone 2:51, 3:18, 49
Lodge, Oliver 7:12, 49
Loewi, Otto 8:6
Löffler, Friedrich 6:40, 41, 43; 7:18
logarithms 3:10, 42, 43, 47, 50, 4:30
logic 2:10
Lohrmann, Wilhelm 6:36, 38
Lomonosov, Mikhail 4:35, 39
London, Fritz 8:15, 26
London, Heinz 8:26
Long, Crawford 6:7
longbows 3:20
longitude 2:49, 50; 3:6
finding 4:27, *37*
longships 2:41, 44–5, *45*, 3:6, 34
Lonsdale, Kathleen 8:18
looms 1:19, *19*; 5:10, 13, *13*, 19
power 6:13, *13*
Lorenz, Konrad 8:26, 49*
Loschmidt, Joseph 6:26
Lovell, Bernard 9:22
Lovell Badge, Robin 10:19
Lovelock, James 9:39
Low, Archibald 7:42
Lowell, Francis Cabot 6:13
Lowell, Percival 6:37, 7:14, 26, 8:50
Lower, Richard 4:14
Lowry, Thomas 8:10
Lucid, Shannon 10:34
Ludwig, Carl 6:18
Luger, George 7:18
Lukin, Lionel 5:10
Lumiere brothers 7:14, *14*
Lundström, Johan 6:18
Luria, Salvador 8:34
lutecium (lutetium) 7:27
Luyten, William 10:49*
Luzzi, Mondino de' 3:17
Lyceum (Peripatetic School) 2:10, *10–11*, 51
Lyell, Charles 5:34, 45
lymphatic system 4:10,
Lejeune, Jérôme 9:13
Lemaître, Georges 7:48–9; 8:14, 48, 48–9*
Lenard, Philipp 7:23
Lenoir, Étienne 6:19, 42, 44
lens (of eye), artificial 9:8
lenses 3:16, *16*; 4:28, 29
achromatic 4:24, 31, 39
anamorphic 8:11
grinding 4:14, 24, 49
silvercoating 6:18
lentils 1:18
Lenz, Heinrich 5:39, 6:7
Leonardo da Vinci *see* Vinci, Leonardo da
Leonov, Aleksei 9:26, *26*
Lesseps, Ferdinand de 6:30; 7:40, *40*
leukemia 6:10; 10:47
leukocytes 7:22
Levassor, Emile 7:20, *20*, *21*
Levene, Phoebus 7:31, 8:18
levers 2:16; 3:13
Levi Montalcini, Rita 8:42
Levy, David 10:24
Lewis, George 8:22
Lewis, Gilbert 7:38, 8:10, 14
Lewis, Isaac 7:45
Lewis, Winford 7:42
lewisite 7:42
Lewontin, Richard 9:24
Lexell, Anders 4:42
Leyden jar 4:35, *35*, 40
Liang Ling Zan 2:35, 3:22
Libau, Andreas 3:42
Libby Willard 8:38
lichens 6:27
Li Ch'un 2:34
lidar (light radar) 9:29
Liebermann, Carl 6:27
Liebig, Justus von 5:39, *39*
Liebreich, Matthias 6:30
lifeboats 5:10
light
corpuscular theory 4:18, 21, 23, 28, 29, 40, 48
diffraction 5:26
dispersion of 4:15, *15*, 21
electromagnetic theory of 6:34, *34*
interference 4:28, 29, *29*; 5:18
nature of 4:28–9, 48
photovoltaic effect 5:42
polarization 5:22
quantum theory 4:29
reflection 2:50
refraction 2:50, 3:17 4:28, *29*
speed of 4:18, 28, *28*, 30, 46, 48; 6:43; 7:10
ultraviolet 5:18; 7:18
wave-particle duality 4:28, 29
wave theory 4:14, 18, 21, 28, 29, 40, 48; 5:26, *26*
light bulbs 6:38, 48, 49
light emitting diode 9:20
lighthouses 4:*27*; 5:26
Eddystone 4:*22*, *22*, 23, 51
Pharos 2:7, *7*
lighting
arc lamps 5:22, 48; 6:35
domestic 5:14
gas 5:15
gas mantle 7:6, 46
high intensity arc lamp (searchlight) 7:39, *39*
incandescent filament lamp 7:30
limelight 5:31
natural gas 1:41
neon tubes 7:31
stone lamps 1:10
lightning 4:34, 38, 40; 10:39
light rays 3:46, 7:22
Lilienthal, Otto 6:38, *39*; 7:11, 28, 49*, 51
Lake, Simon 6:29
Lalande, Joseph de 5:14
Lamarck, Jean Baptiste 5:14, 18, 22, 28, 30, 44, 49*; 7:7
Lamb, Willis 8:42
Lambert, Johann 4:39, 42
Lamy, Claude Auguste 6:*47*
Lancisi, Giovanni 4:27
Land, Edwin 8:42
land mines 3:30, 31
land speed records 9:32, 10:9, 14, 35, *35*
Landsteiner, Karl 7:19, 8:14, 31, 48*
land yacht 3:43, 51
Lane, John 5:17
Lane, Jonathan 6:30
Lane, William Preston, Jr 9:*20*
Langen, Eugen 7:22
Langerhans, Paul 6:30
Langevin, Paul 7:27, 39, 8:51
Langley, John 7:19
Langley, Samuel 6:42, 7:15, 29
Langrenus, Michael 4:10, 6:36, 9:44
Lanston, Tolbert 7:6
lanthanum 5:43
Laplace, Pierre-Simon de 4:43, 5:14, 23, 35; 8:38
Lapworth, Arthur 8:6
Laques, Pierre 10:7
Larson, Stephen 9:39
Lartet, Louis 6:27
Lartigue, Charles 6:42, *42*
lasers 9:7, 20, 28–9, 31, 10:8, 14, 18, 31
Lassell, William 6:10, 11, 14, 49*
latent heat 4:39
lathes 4:14, 23, 5:18
latitude 2:49, 50; 3:6, 36; 4:36,*37*
laudanum 3:36
Laue, Max von 7:34
Laurent, Auguste 6:15
Laurent, François 5:7
Laval, Carl de 6:38
Laveran, Alphonse 6:39
Lavinde, Gabriel de 3:20
Lavoisier, Antoine 4:43, 47–8*, 50, 51; 5:6, 7, 10, 48, 51
law of definite proportions 5:14
law of mass action 6:23
law of multiple proportions 5:19, 47
law of partial pressures 5:18, 47
Lawrence, Ernest 8:22, 9:16, *16*
Lawson, Henry 6:39
L-dopa 9:24
Leakey, Jonathan 9:18, 49
Leakey, Louis 9:49*; 10:48
Leakey, Maeve 10:7
Leakey, Mary 8:42; 9:49, 10:48
Leakey, Richard 9:31, 49; 10:12, 48–9*
Leavitt, Henrietta Swan 7:34
Lebedev, Pyotr 7:*22*
Leblanc, Nicolas 5:11
Le Blon, Jakob 4:26, *27*
Lebombo bone 1:42
Lebon, Philippe 5:15
Lecacheux, Jean 10:7
Le Chatelier, Henri 7:7
Leclanché, Georges 7:8–9
Lederberg, Joshua 8:42, 9:6, 11
Lederman, Leon 9:18, 39
Lee, William 3:42, 49*
Legendre, Adrien Marie 5:10, 14
Lehmann, Inge 8:27
Lehn, Jean Marie 10:18
Leibniz, Gottfried 4:19, 22, 49*
Leishman, William 7:19

paddle wheels 4:22, 50
Page, Charles 5:43, 6:14
Paget, James 5:39
pagodas, iron 2:34, 41, *41*
paints, oil-based 3:21
Palade, George 9:12
Palitzsch, Johann 4:39
Palladio, Andrea 3:37
palladium 10:24
Pallas, Peter 4:42
Palmer, Charles 7:19
Palmer, Daniel 7:14
Palmieri, Luigi 6:18
Palmkrantz, Helge 7:44
pancreatic duct 4:7
Paneth, Friedrich 7:34
Panhard, René 7:20, *20*, *21*
pans, nonstick 9:9
pantograph 3:43
pantothenic acid 8:23
Papanicolaou, George 8:15
paper, using 2:42–3
paper chromatography 8:38
paper dress pattern 6:23
papermaking 2:21, 40, 42–3, 5:22
papermills 3:7, 20, 30
papier mâché 4:43
Papin, Denis 4:18, *22*, 44, 45, 49–50*
Pappus of Alexandria 2:29, 50*
papyrus 1:27, 48, 2:42
Paracelsus 3:36
parachutes 5:10, *10*, 14, 7:34
pyramid shaped 3:30, *30*, 32
paradoxes 2:6, *6*, 51
parasol 1:34
parathormone 9:18
parathyroid glands 6:15
parchment 2:21, 42
Paré, Ambroise 3:36, *37*
Parker, Eugene 9:*12*, 13
Parkes, Alexander 6:7, 18, 30
parking meters 8:26
Parkinson, James 5:27
parkinsonism 9:24; 10:19
Parseval, August von 7:22
Parsons, Charles 6:43, 7:18
parthenogenesis 4:35
particle accelerators 8:8, 9, 38, 40, *40*; 9:15, 16, *16*, 24
particle experiments 10:18
Pascal, Blaise 4:6, 7, *7*, 10, *10*, 50*; 8:44
Pascu, Dan 10:7
Pasteur, Louis 6:11, 19, *19*, 23, 39, 40, *40*, 50–1*; 7:6, *6*; 8:*20*, *21*
pathology 4:39
Paul, Lewis 4:34
Paul, Wolfgang 9:39
Pauli, Wolfgang 8:9, 11, 19, 47, 49–50*
Pauling, Linus 8:19; 9:6, *7*, 10
Paul of Aegina 2:35, 50*
Pavlov, Ivan 7:10, 23, *23*, 49–50*
Paxton, Joseph 6:14, 16
Payen, Anselme 5:31, 38, 43
Peacock, George 5:35
peanuts 1:27, 50
Pearce, Louise 7:42
Pearson, Gerald 9:9
Pedersen, Charles 9:19
Peebles, Jim 10:51
Peierls, Rudolf 8:40
Peiresc, Nicolas-Claude de 3:43
pellagra 7:38
Pelletier, Pierre 5:27, 30
Pelouze, Théophile 6:10
Peltier, Jean 5:39
Pelton, Lester 6:12, *12*, 31
Pemberton, John 7:6
pencil erasers 4:43
observatories 3:16, 21, 42, 47, 51, 4:6, *7*, 18, *18*, 25; 10:35
CGRO satellite 10:19
Greenwich 4:18, *18*
Infrared Space Observatory (ISO) 10:27
Lick 7:6, *6–7*, *10*
Mount Wilson 7:42, *42–3*, 48
Yerkes 7:18
obsidian 1:*11*, 19
Occhialini, Giuseppe 8:42
Ochoa, Severo 9:12
octant 4:30, 36, 36–7
odometer 3:32
Ohain, Hans von 8:51
Ohm, Georg 5:34
oil 7:19, 35
oil drilling platforms 10:21
oil-drop experiment 7:35
oil lamps 5:7
oil wells 6:19, *19*
Olbers, Heinrich 5:7, 18, 22, 26, 34, 50*
Oldham, Richard 7:18, 27
Olds, Ransom 7:6
Oliphant, Mark 8:22
olive oil 1:35, *40*; 2:15
olives 1:35
Omar Khayyam 3:7
oncogenes 9:38
O'Neill, Gerard 9:15
Onnes, Heike Kamerlingh 7:30, 34
Oort, Jan 8:14; 9:6, *6*, 50*
ophthalmology 2:40, *40*
ophthalmoscope 6:14, 48
optical activity 5:27, 6:11, 50
optical fiber 9:14
telephone link 9:41
optical pumping 9:6
optic nerves 3:37
optics 2:50–1; 3:6, *16*, 46
see also light
Oresme, Nicole de 3:20
Orfila, Matthieu 5:26
organic chemistry 6:15, 19
organic compounds 5:35, 38
organic reactions 10:48
organic synthesis 7:*22*
organs (musical instrument) 2:41, 47, 49, 8:23
Oribasius 2:28
ornithopter 3:30, 32, *33*
orrery, clockwork 4:27, *27*
Ørsted, Hans 5:30, *30*, 31, 6:24, 25
Ortelius, Abraham 3:36
Osann, Gottfried 5:35
oscillators, backward wave 9:48
Osiander, Andreas 3:40
Osler, William 6:34
osmosis 5:34, *34*
osteopathy 6:34
Ostriker, Jeremiah 10:51
Otis, Elisha 6:15, *15*, 50*
Ott, Hans R. 10:22
Otto, John 5:19
Otto, Nikolaus 6:35, 44, 46
Oughtred, William 3:11, 43; 8:44
Owen, Richard 5:28, *28*, 6:6, 15
oxidative phosphorylation 9:19
oximes 6:38
oxygen 4:43, 48, 49, 50, 51; 7:14, 47; 8:18, 23
oxygine 4:48
oxytocin 7:30; 9:7
ozone 6:6, 18
ozone layer 7:35, 10:12, *12*, 21

P

Pacioli, Luca 3:10, *11*, 30
paddleboats 2:29; 5:*7*, 11, 22, *22*, 48, 6:8, 46
Nieuwland, Julius 8:6
Nightingale, Florence 6:*22*
nilometer 1:26, 48
Nilson, Lars 6:32
Nipkov, Paul 8:12
Nirenberg, Marshall 9:19
nitrates 6:6
nitric acid 3:48, 5:10, 47
nitric oxide 10:13, 48
nitrification 7:10
nitrocellulose (guncotton) 6:10, 50; 7:44, 47
nitrogen 4:43; 5:38, 39; 6:6, 38, 43; 7:19, 43, 50, 51
nitroglycerin (trinitroglycerol) 6:11, 23, 50
nitrous oxide (laughing gas) 4:50; 5:6, 15, 48; 6:7; 7:36
Nobel, Alfred 6:23, 27, 50*
nobelium 6:50; 9:12
Nobile, Umberto 8:14
Noble, Richard 10:9
Noddack, Walter 8:11
Noether, Emmy 7:42, 8:7
Nollet, Jean Antoine 4:35, *35*
Nordenfelt, Torsten 7:44
norepinephrine (noradrenaline) 8:39
norethindrone 9:9
Norman, Robert 3:42
Norris, Kenneth 9:18
Norrish, Ronald 8:43
Northedge, Ron 10:42
Northrop, John 8:19
novas 4:48, 9:25, 10:38
Noyce, Robert 9:15, 32, 37
nuclear fission 7:46, 8:*22*, 30, 34, 40–1
nuclear fusion 8:30; 10:13, 19, *19*, 43
nuclear magnetic resonance (NMR) 8:39, *39*
nuclear physics 7:50
nuclear-powered vessels 9:9, 14, 15, 20, 27
nuclear power plants 9:9, 14, 15; 10:21
nuclear reactors 8:34, *34*, 35, 38, 40, 42, 47; 9:6, 7, 8, 15
radioactive fallout 10:13, *13*
nucleic acids 6:39
nucleohelicates 10:18
nucleons 8:9
numbers 1:24–5, 26
complex 5:15, 19
imaginary 5:6
irrational 6:31
large 2:21
numbers (cont.)
laws of 5:35
negative 2:15
prime 2:14, 48; 8:27, 10:7
transcendental 6:14, 34
transfinite 6:35
number systems 1:51, 2:32
base-10 system 2:32, 34
binary 2:32
decimal 1:48; 3:48, 51
nonpositional 1:40, 48
place-value (positional) 1:34, 47, 2:7, 24–5, 32, 40, 3:10
number theory 2:20
numerals 2:32, 40, 41, 49
Nuñez-Regueiro, Manuel 10:22
Nuttall, George 7:11
nylon 8:24

O

Oatley, Charles 9:20
oats 1:41
Oberth, Hermann 8:10, *16*, 17
5:39
Murdock, William 5:10, 14; 7:20
Murphy, John 7:26
Murphy, William 8:10
music 2:31, 3:6, 49
synthesizers 9:*21*, *21*
muskets 3:24–5; 5:51
Musschenbroek, Pieter van 4:35, *35*
myoglobin 8:22; 9:18, 48
myxedema (goiter) 6:42

N

Naarmann, Herbert 10:13
nanotechnology 9:15
napalm 8:34
Napier, John 3:10, *10*, 11, *11*, 42, 43, 47, 50*; 8:44
Nasmyth, James 6:49
Native Americans 1:50*
Natta, Giulio 9:13
natural history 2:20, 50; 5:28
Nautical Almanac 4:42
Navarro, Pedro 3:31
navigation 3:17; 4:27, 30, 34, 36–7
nebulas 3:43, 4:30, *31*, 38, 6:26, 49, 7:34, 38, 42, 8:*23*; 9:7
Neckam, Alexander 3:12, 18, 50*
Neddermeyer, Seth 8:9
Neel, Louis 8:19
negative feedback amplifier 8:15
Neilson, James 4:33; 5:34
Nelson, Erik 8:11
Nemorarius, Jordanus 3:13
neodymium 7:6
neon 7:18, 42, 51; 8:46, 10:39
neoprene 8:19
nephrectomy 6:31
Neptune 5:14, 30; 6:10, 49; 8:42; 9:35; 10:7, 12, 19
neptunium 8:31
Nernst, Walther 7:7, 23, 27, 42, 8:49
nerve cells 9:6
nerve growth factor 8:42
nerves 5:23, 38; 6:7, 11, 14, 15, 34, 48, 7:19, 38
nerve structures 4:49
Neugebauer, Gerry 9:25
Neumann, Franz 6:10
Neumann, John von 8:15, 38, 45
neutrinos 8:9, 19, 47, 50, 9:12, 18
neutron 7:50, 8:7, 9, 22
neutron bomb 9:41
neutron number 6:32
neutron stars 9:25
Newbold, Charles 5:14, 16
Newcomen, Thomas 4:26, 44, *44–5*, 45, 46, 49*, 50; 5:51
newspapers, printed 2:34, 43; 3:31
Newton, Isaac 4:14, 15, 18, 19, 20–1, 23, *24*, 25, *28*, 29, 46, 47, 48, 49, 6:51, 8:*17*
newton (unit of force) 4:21
niacin (nicotinic acid) 7:38; 8:27
Nicholas of Cusa 3:26, 41, 50*
Nicholson, Philip 10:30
Nicholson, Seth 8:30, 9:6
Nicholson, William 5:18
nickel 4:38; 7:10
Nicolle, Charles Jules 7:30
Nicomachus of Gerasa 2:20
Nicot, Jean 3:45; 5:23
nicotine 3:44, 5:23, 7:23
nicotinic acid (niacin) 7:38, 8:27
Niépce, Joseph 5:32, *32*, 34
Miyaoka, Yoichi 10:18
mobile (cellular) phones 9:41, 10:*8*, 9
Modeski, Ralph 8:14
Mohenjo-Daro 1:50; *2:18–19*
Mohs, Freidrich 5:30
Moissan, Henri 7:11, 49*
Moivre, Abraham de 4:27, 31
Moldelbe, Alois Negrelli von 6:30
molecular orbital theory 8:22
molecular weights 6:19
molecules 9:7, 48
Molina, Mario 9:30
molybdenum 4:51; 5:7, 9:16, 51
momentum, conservation of 4:14
Mond, Ludwig 7:10
Mondeville, Henri de 3:17
money 2:29, 40, 41, 43, 3:7
Monge, Gaspard 5:10, 36
Monier, Joseph 6:11
Moniz, António de Egas 8:15, 26
monoclonal antibodies 9:38
Monod, Jacques 9:18
Monopoly (game) 8:26
monorail systems 9:8
monotype machine 7:6
Montagnier, Luc 10:7, 47, 49*
Montagu, John, Earl of Sandwich 4:39
Montgolfier brothers 5:*7*, *7*, 49–50*
Moog, Robert 9:21, *21*
Moon 3:43, 6:6, 34, 36, 39; 9:13, 44–5
distance to 2:15, 46, 49; 4:39
eclipse of 3:50
landings 9:27, 32, *32*, 33, 42–3
mascons 9:44
navigational tables 4:37
radar reflections 8:39
space probes 9:15, 20, 26, 27, 32, 44–5, 10:20, *27*, 35
moondials 3:36
Moore, Stanford 9:6
Moo-Young Han 9:24
Morgagni, Giovanni 4:39
Morgan, Augustus de 6:10
Morgan, Garrett 7:38
Morgan, William 9:6; 10:49*
Morgenstern, Oskar 8:38
Morley, Edward 7:7
morphine 8:10
Morrison, Charles 4:38
Morse, Samuel 5:42, *42–3*, 48, 50*; 6:7, *24*, 25
Morton, Thomas 7:6
Morton, William 6:7, *7*
Mosander, Carl 5:43; 6:7
Moseley, Henry 7:35
Mössbauer, Rudolf 9:13, 49*
motion, laws of 4:20, *20*
Motonori Matuyama 8:18
motorcycles 6:30; 7:6
Moulton, Alex 9:14
mouse lemurs 10:39
movies 6:48, 9:9
moxibustion 2:31
Mudge, Thomas 4:38, 42
Müller, Alex 10:13, 22, 46, 49–50*
Müller, Erwin 9:9
Müller, Hermann 8:14
Müller, Johann 4:37
Muller, Paul 8:31
Mullis, Kary 10:7, 50*
Mumford, E. R. 8:28
Münster, Sebastian 3:36
muon 8:9, *27*
Murchison, Roderick
metal rolling 4:22
metals 1:38–9
metalworking 2:40; 3:17
Metchnikoff, Élie 6:42, 7:22
meteorites 1:38, 5:18, 23, 10:6, *18*, 19, 30, *30*, 38, 46
meteorology 2:10
meteors 5:22, 7:50
meteor showers 6:23, *26*, 27, 31
methanal (formaldehyde) 6:27
methane 1:41; 5:7, 48, 10:36
liquid 9:15
methanoic (formic) acid 4:42, 51
methanol (methyl alcohol) 10:25
methyl isocyanate 10:12
metric system 4:49; 5:14, 6:26
metronome 5:26
Meyer, Viktor 6:31, 38, *42*, 43
mezzotint printing process 4:7, 26
Michaelis, Leonor 7:35
Michaux, Pierre 6:23, 30
Michelangelo 3:42
Michell, John 4:39, 5:7
Michelson, Albert 4:28, *28*, 6:43, 7:7; 8:49
Michener, Percy 9:21
micrometer eyepiece 4:7, 15
microorganisms 4:*22*
microphones 6:39, 46, 48
microprocessor chip 10:27
microprocessors, single-chip 9:32
microscopes 4:49; 6:31
atomic force 10:14, 21
compound 3:42, 4:47, 8
electron 8:34, 51, 9:20
microscopes (cont.)
field ion 9:9
phase-contrast 8:22
positron 10:15
scanning tunneling 10:8, 46, 50
microwave ovens 8:39, 9:27
microwave radiation 8:39
Midgley, Thomas 8:7, 18
Miescher, Johann 6:30
Milemete, Walter de 3:20
milk, synthetic 10:15
Milky Way 7:10, 8:7, *7*, 10, 14, 46; 9:6, 38, 50; 10:49
Mill, Henry 4:27
millennium bug 10:35
Miller, Dayton 7:30
Miller, Jacques 9:19
Miller, Patrick 5:11
Miller, Phineas 5:51
Miller, Stanley 9:7
Miller, Wade 10:13
Miller, William 6:26
millet 1:18
Millikan, Robert 7:35, 39; 8:10, 49*
milrace 2:36
Mills, William 7:38
Milstein, César 9:38
minerals 2:7
catalog of 4:35
formation of 3:37
scale of hardness 5:30
mineral water, aerated 4:34
miner's safety lamp 5:26, 48, 50
mines (explosive devices) 5:47
Minot, George 8:10
mirrors 1:19, 35, 48, 49, 51, 2:17, *27*, 49; 4:25
mirror sextant 4:34
Mises, Richard von 8:15, 19
Mitchell, Peter 9:19
Mitchell, Reginald 8:27
mitosis 6:35, *35*

electric 6:43, *43*
elevated 6:34
Great Western Railway 6:46
gyrostabilized monorail 7:30
Japan 9:21
Liverpool & Manchester Railway 5:24, *24–5*, 34, 50
monorail 6:42, *42*
Philadelphia & Columbia 5:24
signals 6:6
South Carolina 5:24
Stockton & Darlington Railway 5:24, 31, *31*, 50
suspended monorail 7:32
Trans-Siberian 7:39; 10:20
turntable 4:38
Union Pacific 6:30
see also steam locomotives, subways, trains
Rainwater, James 9:6
Raleigh, Walter 3:44
Raman, Chandrasekhara 8:15
Ramapithecus 8:22
Ramelli, Agostino 3:*26–7*
Ramsay, William 7:14, *14*, 15, 18, 23, 51
Ramsden, Jesse 4:43
Randall, John 8:31, 33
Rankine, William 6:19
Ransome, Robert 5:10, 16
Raphus cucullatus 4:18
rare-earth metals 7:46
rare gases 7:51
al Rashid, Harun 2:40
Rathke, Martin 5:34
Ravenscroft, George 4:14
Ray, John 4:19, *19*, 22, *22*
Rayet, Georges 6:27
rayon 7:11; 8:24, *24*
razor blades 7:15, *15*
reaction kinetics 9:50
Read, Albert 7:43
reapers 5:16–17, 38; 6:16
Réaumur, René Antoine Ferchault de 4:27, 31, 38
Reber, Grote 8:27, 34, 9:22, 23
Rebstock, Mildred 8:42
Recorde, Robert 3:10
record keeping 1:11, 50, 51
rectifiers 9:36
Rees, Martin 10:50*
refraction 4:15, 28, *29*
see also telescopes
refrigerators 6:35, 47, 49, 7:42, 10:34
Regiomontanus (Johann Muller) 3:26, 27, *27*, 28, 38, 50, 50–1*; 4:37
Regnault, Henri 6:6, 51
Reibel, Colonel 7:45
Reichstein, Tadeus 8:23
Reines, Frederick 9:12
Reinmuth, Karl 8:22, 30
Reitsch, Hanna 8:28
Reitsema, Harold 10:7
relativity 7:10, 26, *26*, 38, 47
remote-control systems 7:38
Remsen, Ira 6:38
Renaldini, Carlo 4:22
Renard, Charles 7:24
reserpine 9:6, 13, 51
resistance, electrical 6:7
respiration 5:6, 7
Restriction Fragment Length Polymorphism 10:41
retinoblastoma 10:13
retinol (vitamin A) 7:35; 8:19, 23
retroviruses 10:47, 49
reverse transcriptase 9:30
revolvers 5:39, 40–1, 47, 6:15, 17
Reynolds, Osborne 6:43
Rhazes (al Rhazi) 2:38
Pythagoras 1:34, 47, 2:6, 30, *38*, 46, 50–1*

Q

quadrant 3:16, 47; 4:30, 36, *36*
quagga 6:42
quantum chromodynamics (QCD) 9:31
quantum electrodynamics 8:9, 35, 43
quantum Hall effect 10:6, 48
quantum mechanics 10:47
quantum theory 4:29; 7:19, 47, 50, 8:15
Quare, Daniel 3:23, 4:18, 22
quarks 9:18, *19*, 24, 48
quartz 1:12
quasars 9:18, *18*, 30; 10:50
quasicrystals 10:12
quaternions 6:7
Queen Elizabeth (steamship) 9:32
Queen Elizabeth 2 (steamship) 9:26
Queen Mary (steamship) 8:23
Queloz, Didier 10:25
Quick, Armand 8:22
Qui-Lim-Choo 10:19
quinine 4:6; 5:30, 6:51, 8:38; 9:51
quinoa (pigweed) 1:50

R

rabies 6:51; 7:6, *6*
radar 7:43; 8:26, 30, 31, 32–3, 9:8
radiation 5:18; 7:19, 31
radio 7:12–13, 49
amplitude modulation 7:13, 26; 8:47
broadcasts 8:6, 7, 47
clockwork 10:21
crystal detectors 7:13, *22*
digital FM 10:27
frequency modulation 7:13
heterodyne circuit 7:34
superheterodyne circuit 7:42
transistor 9:9
transmitters 7:43
transatlantic transmissions 7:22
radioactivity 7:14; 9:14, 15, 41
tracers 7:34
radiocarbon dating 8:38
radioimmunoassay (RIA) 9:6
radio interferometer 9:12, 22, *22*, 38
radioisotopes 8:23; 10:13
radiolocator 7:43
radiotelegraphy 7:12
radiotelephony 7:12–13, *12*, 46
radio telescopes 8:27, 9:13, 22–3, 23, *23*, *23*, 33, 38
large arrays 10:7, *7*, 24, 38
radio valves, *see* vacuum tubes
radio waves 7:7, 12, 22, 48
from space 8:19, 38
radium 7:18
radon 7:19, 50, 51
Rahn, Johann 4:11
railcar, steam powered 6:10
railroads 6:19, 25, 51
Baltimore & Ohio 5:24
beginning of 5:24–5, 50
Birmingham & London 5:50
Canadian Grand Trunk Pacific Railway 7:38
east-west trans-Australian 7:42
printing, development of 3:27, 28–9, 47
electrotyping 5:42
four-color 4:27
linotype 6:43
lithography 5:14, *15*
metal type 3:20, *20*, 26
mezzotint process 4:7, 26
movable type 3:6, *6*, 17, 26, *28*, 49
photogravure 7:15
stereotype 4:30
web-fed rotary press 6:26
wooden blocks 3:26, 28
printing presses 2:43; 3:27, 28, 31, 48, 49, 5:18, 23
print works 3:37
prions 10:7, 50
prisms 4:15, *15*
probability 4:11, 27; 5:23, 8:7, 15, 19
Proclus of Constantinople 2:29, 50*
Proconsul africanus 8:42
Proctor, Richard 6:34
progesterone 8:23
Prokhorov, Aleksandr 9:7, 28
promethium 8:42
propellers, screw 5:39, *39*; 6:50
proportions, theory of 3:20
propranolol 9:46
prostate gland 2:7, 49
protactinium isotope 7:35
Protarchaeopteryx 10:31
protein fibers 8:14
proteins 7:*22*, 27; 9:6, 7, 10, 50
protein sequencing machine 10:9
proton acceptor 8:10
proton linear accelerator 10:46
protons 8:8, 9:*19*
protoplasm 5:42
protozoa (protists, protozoans) 4:*22*; 6:10, *10*, 40
Proust, Joseph 5:14
Prout, William 5:26, 30
Prusiner, Stanley 10:7, 50*
prussic acid 4:42, 51
psychoanalysis 7:6, 48
psychology, physiological 6:34
Ptolemy 2:21, 29, 39, 40, 41, 49, 50, 50*, 51; 3:12, 26, 40, 50, 51
Ptolemy IV 2:15
Puckle, James 4:27; 7:44
pulleyblock-making machines 5:19
Pullman, George 6:19
pulmonary bypass 8:38
pulsars 9:*24*, 25, 46, 31, *31*
pulsejet engine 8:31
pumps 4:27
air/vacuum 4:11, 16–17, *17*, 23, 46
mercury vapor (diffusion) pump 4:16, 17
steam 4:22, 49, 50
punched cards 7:10, 8:44, *44*
Pupin, Michael 7:19
Purcell, Edward 8:39
Puricelli, Piero 8:11
purine 7:18
Purkinje, Jan 5:38, 42
Pylarini, Giacomo 4:23
pyramids
Egyptian 1:27, *27*, 32–3, 34, 48, 49
Mayan 2:35
Mesoamerican 2:12–13
pyrethrum 2:21
pyridine 6:42, *42*
pyridoxine 8:30
pyrimethamine 9:6, 47
plows 1:26, 28, *29*, 51
cast-iron 5:14, 16, 27
steam 5:16
steel 5:42; 6:10
plowshares 1:35, 48, 5:10, 16
Plücker, Julius 6:18; 7:16
Plumier, Charles 4:23
Plunkett, Roy 8:30
Pluto 6:39; 7:14; 8:18, *18*, 50; 9:39; 10:18
plutonium 8:31, 9:*16*, 51
Po, Fernão do 3:27
Poehler, Theodore 10:34
Poincaré, Jules-Henri 7:15
Poiseuille, Jean-Louis 5:27
Poisson, Simeon 5:22, 42
Polanyi, Michael 9:47, 50*
polarography 7:43
Polhem, Christoph 4:22, 34
poliomyelitis (polio) 8:43, 48, 9:6, 7, *7*, 13, *13*
polonium 7:18
Polyakov, Valeri 10:27, *27*
Polycrates 2:48
polyethene 8:27; 9:7
polyethylene terephthalate (PET) 9:38
polyethyne 9:38, 10:13, 18
polymer, biodegradable 10:18
polymerase chain reaction (PCR) 10:7, 41, *41*, 50
polymerization 7:19
polypeptides 7:22
polypropene 9:13
polyurethane plastics 8:34
polyvinyl chloride (PVC) 6:31, 8:19
Poncelet, Jean Victor 6:12
Poniatoff, Alexander 9:14
Ponton d'Amecourt, Gustave de 8:28
Pope, William 7:19
Popov, Aleksandr 7:12, 49
porcelain 3:7, 31, 4:26
Porsche, Ferdinand 8:30, *30*
Porta, Giacomo della 3:*42*
Porter, George 8:43
positron 8:9, 14, 22
Post-it Notes 9:33
potassium hypochlorite 5:11
potatoes 1:26, 50; 3:37, *44–5*
potter's wheel 1:20, *20*, 26, 50, 51
pottery 1:18, *18*, 26, 28, 3:7, 13
Powell, Cecil 8:42
Power, Henry 4:10
powerboats 10:20, 26
power plants 6:42, 48, 51, 7:51, 9:8, 9, 14, 15; 10:9, 21
Poynting, John 7:11; 8:46
praseodymium 7:6
Prather, Victor 9:20
Pratt, John 6:18
Praxagoras of Kos 2:7
Prescott, John 9:18
pressure cooker 4:18, 49–50
pressure gauge 5:9, 27
pressure in liquids 4:7, 50
pressure melting effect 6:22
pressurized water reactor 9:20
Prestel 9:41
Priestley, Joseph 4:42, *42*, 43, 48, 50*, 51; 5:6, 49
prime numbers 2:14, 48; 8:27; 10:7
printed circuits 8:35
printers 9:32, 33, 40, *40*
photosynthesis 8:38, 9:13, *13*, 47
photovoltaic cells 10:*26–7*, 27
phrenology 5:15, *15*
pianoforte 4:30, *30*
Piazzi, Giuseppe 5:18, 50
Picard, Jean 4:15
Piccard, August 8:43
Piccard, Bertrand 10:35
Piccard, Jacques 9:20
Pickard, Greenleaf 7:13, 22
Pickering, Edward 7:11, 32
Pickering, William 7:19
Pictet, Amé 7:23
Pierce, John 9:48
piezoelectric effect 6:39
Pigott, Edward 5:10
pigs, domestication 1:11, 22, 23
Pilâtre de Rozier, Jean-François 5:7, 49
Pilcher, Percy 7:28
Pilkington, Lionel 9:14
Pinchbeck, Christopher 4:30
Pinzon, Vincente 3:31
pion 8:42
Pira, Raffaelle 7:36
Pirquet, Clemens von 7:26
pistols 3:31; 5:40, 47, 7:18; 10:15
Pitman, Isaac 5:39, *39*
Pitot, Henri 4:31
Pizarro, Francisco 3:36
plague 3:20, *20*, 21
Planck, Max 4:29; 7:19, 46, 47, 50*; 8:49; 10:48
planetoids 10:39
planets 3:40, 50, 51; 6:11, 10:39
atmospheres 8:26
catalogs 1:34
extrasolar 10:25
motion 2:30; 3:*42*, 43, 4:6
orbits 3:7, 48, 51; 4:14, 43, 46, 47, 48, 5:22, 31
retrograde motion 2:46
space probes 34–5
see also Earth; Moon; *and individual planets*
Planté, Gaston 6:19, 7:9
Plantin, Christophe 3:37
plants 2:51, 3:21, 43, 4:22, *22*, 23, *23*, 43, 5:34, 6:6, 7
central nucleus 5:38, *38*
chloroplasts 6:26
classification 2:7, 3:42, 4:34, *34*, 49; 5:42
domestication 1:17
gas exchange in 7:15
haploid-diploid 7:14
medicinal use 2:48, 3:21, 7:36
mutations 7:7
nitrogen 5:39; 6:6
photosynthesis 5:7, *27*, 43; 6:27
physiology 4:30
sap circulation 6:11
species 4:19, *19*
taxonomy 5:23
Plaskett, John 8:7
plasmids 9:6, 11
Plasmodium 6:41
plaster casts 6:15
plaster of Paris 2:39, 40
plastics 5:38, 6:31; 8:34, 35
biodegradable 10:18
plastic surgery 5:26
Plateau, Joseph 5:38
platelets (thrombocytes) 6:34
platinum 4:34
Plato 2:7, *7*, 10, *10–11*, 48, 50*, 50, 51
Playfair, John 2:29, 50
Plimsoll line 6:34
Pliny the Elder 2:20, 50*
Pliny the Younger 2:20, 50; 3:18
pencils 3:30; 5:14
pendulum clocks 4:7, 11, 12–13, 48
pendulums 3:42; 4:8, *12*; 6:14
gridiron 4:12, 30
mercury pendulum 4:12, 30
penicillin 8:15, 20–1, 31, 39, 48, 9:48
pens 5:46, 8:30, 9:20
Penzias, Arno 8:48, 9:19, *19*
pepsin 8:19
Pequet, Jean 4:10
percussion caps 5:19, 40, 47
percussion (diagnostic) 4:38
Peregrinus, Petrus 3:16, 19
Perestrello, Rafael 3:*39*
Perey, Marguerite 16, 8:30, 50*
perfume 1:35
Pericles 2:46
Pérignon, Dom Pierre 4:14, *15*
periodic table 6:32–3
period luminosity law 7:34
periscope 6:29
Perkin, William 6:18, 51*
Perl, Martin 38
permutations 3:17
pernicious anemia 6:18
Perrelet, Abraham-Louis 4:43
Perrier, Carlo 8:27, 9:16, 51
Perrier, Jacques 6:8
Perrin, Francis 8:40
Perrin, Jean 7:14, 16, 30
Perrine, Charles 7:23
Perrine, Susan 10:24
Perronet, Jean 4:43
personal computers 9:40, *40–1*, 41; 10:8, 9, *9*, 10–11, 47, 51
personality 8:31
perspective 3:26, 4:27, *27*
Perthes, Georg 7:22
Perutz, Max 9:7, 13, 48, 50*
Pescara, Raul Pateras 8:*28*
pesticides 9:19, 38, *38*; 10:12
Petit, Alexis 5:27
petroleum 2:34
petroleum jelly (Vaseline) 6:31
Peuerbach, Georg von 3:26, 50*, 51
Pfister, Albrecht 3:27
Pfolspeundt, Heinrich von 3:*26*
pH 7:31
phagocytosis 6:42, *42*
phenacetin 7:36
phenol (carbolic acid) 6:27, 49
phenolphthalein 6:31
Phidias 2:8
Phillips, Leslie 9:21
Philo of Byzantium 2:14
phlogiston 4:15, 22, 48–9, 50, 51
Phoenicians 1:50–1*
phonocardiograph 10:19
phonograph 6:38, *38*, 48
phosphorus 4:15, 48
photocell 10:21
photocell scanner 7:22
photocopying 8:27, *27*, 46
photoelectric cells 7:14
photoelectric effect 7:23, 26, 39, 47, 50; 8:47
photography 5:32–3, 34, 43
calotype process 5:39
in deep water 10:14
instant color 9:19
photo CD disk 10:21
photometer 6:47
photons 8:14, *47*
photophone 6:46

size of 4:46
Sun-centered 2:46
solar wind 9:*12*, 13, 20, 10:30, 34, 42
solar X-ray satellites 10:21
solar year, length of 3:21
Solvay, Ernest 6:23
somatotropin 8:38; 10:6
Somerville, Mary 5:35
Sommerfeld, Arnold 7:38, 46
Sömmering, Samuel von 5:22; 6:24
sonar 7:39
Song, Xiaodong 10:25
Soranus of Ephesus 2:21
Sörensen, Sören 7:31
Soubeiran, Eugène 5:38
sound 4:11
speed of 5:34; 6:27; 7:7
waves 6:38, *38*
sound recording 7:30, 8:23
Southern blotting 10:41
south pointers 3:18, *18*
soybeans 1:40; 10:15
space
no boundary proposal 10:48
radio sources 9:6, 12, 22–30
spaceflights 8:36; 9:20, *21*, 26
commercial 10:43, *43*
space probes 9:34–5; 10:9, 35
see also asteroids, comets, Moon
space shuttles 10:16–17, 20, *20*
Atlantis 10:14, 16, 19, 27, 34
Challenger 10:9, 14, 16, *16*
Columbia 10:8, 8, 9, 16, 17, 28, 35, 42
Discovery 10:16, 17, 20, 28, 31, *31*, 43
Endeavour 10:17, 26, 28, 35
Enterprise 10:9, 16
space stations 9:33, 41; 10:8, 14, 15, *15*, 17, 27, *27*, 35, 42, 43
Spallanzani, Lazzaro 4:42, 5:7
spark plugs 6:42
spears 1:10, 2:6
spear-throwers 1:11
spectra 6:47; 7:35
analysis of 6:22, *22*
atomic 6:15
solar 5:18, 26, 7:6
of stars 6:34, 7:32
spectrograph 7:17
spectroscope 5:26, 7:42
speculum 4:25
speedboats 7:27; 10:15, 46
Spemann, Hans 10:32
Spence, Peter 6:10
Spencer, Percy 8:39
spermatozoa (sperm) 4:18, 6:6
Sperry, Elmer 7:30, 34, 39, *39*
spinning 1:*19*, 41
spinning frame 4:42
spinning jenny 4:39, *39*; 5:12, *12*
spinning machine, water powered 4:34
spinning mule 5:6, 12
spinning wheel 1:21, 47, 3:6, 5:12, *12*
spirit level 4:14
spontaneous generation 6:50
Sporer, Gustav 6:19
Sprague, Frank 6:43, *43*
Sprengel, Hermann 4:16, 17
Sputnik 9:9, 14, *14*, 15,
sighting rod 3:7
Sikorsky, Igor 7:35; 8:28, *29*, 38
silicon 5:31, 46, 9:36, 51
silicon chips 8:45; 9:20, 10:9
silicon dioxide aerogel 10:18
silicone plastics 8:35
silicon solar cells 9:9
silk industry 3:7
Silk Road 2:35, 3:38
silos 7:10
silver 1:38; 3:26
silver salts 4:30, 51
silver sulfide 3:26
Simon, Gustav 6:31
Simon, Theodore 7:26
Simond, Paul Louis 7:19
Simpson, Thomas 4:35
Simpson, James 6:7, 11, 7:36
sinan 2:20, 30
Sinclair, Clive 10:8, 10, 51*
Singer, Isaac 6:14
Sinjou, Joop 9:41
Sinsheimer, Robert 10:12
Sivapithecus 10:7
skin, artificial 10:18
skin disorders 7:18
Skinner, B. F. 8:23
skis 1:18
skydiving 10:42
skyscrapers 7:6, *6*
slag 1:38, 49
sleds, wooden 1:18
sleeping pills 7:*22*
sleeping sickness 6:40; 7:14, 42
slide rules 3:11, 43, 50; 5:27, *27*
slingshot 2:27
Slipher, Vesto 7:34, 8:6, 6, 49
Slocum, Joshua 7:18
Smalley, Richard 10:12
smallpox 2:39, 40, 51, 3:30; 4:23, 30; 9:39
Smeaton, John 4:38, 42, 51*
smelting 4:26, 31, 32–3, 46
Smith, Brad 10:6
Smith, Edwin 1:49
Smith, George 9:27
Smith, Horace 5:41, 6:15
Smith, J. L. B. 8:30
Smith, Lowell 8:11
Smith, Theobald 7:10
Smith, William 5:26, 28
Smithson, James 6:10
Smithsonian Institution 6:10
smoking 3:44–5; 9:6
Snell, Willebrord 4:28, 29, *29*
Snow, John 6:15
snow scooter 9:14
snowshoes 1:27
soap 1:27, 51
Sobrero, Ascanio 6:11
Socrates 2:50
soda (sodium carbonate) 5:11, 6:23
soda water (club soda) 4:34, 50; 5:46
Soddy, Frederick 7:35, 50
sodium silicate 4:7
sodium thiosulfate 5:27, 32
solar atmosphere, elements in 8:15
solar cells 10:6, *26*, 34
solar flares 6:19, *19*; 9:13
solar powered aircraft 10:8, *9*, 35
solar system 2:46; 7:43; 8:38
clockwork orrery 4:27, *27*
Earth centered 3:46, 50
nebular hypothesis 5:14
photographs of 10:20
seed drills 1:40; 2:20, 4:23, *23*; 5:16
Segner, Johann 4:38
Segrè, Emilio 8:27, 31; 9:12, 16, 51*
Seibert, Florence 8:30
seismographs 2:*20*, 21, 30, 6:18, *18*, 7:26
Seki, Kowa 4:19
Seki Tsutomu 9:24
Sela, Michael 10:7
selenium 5:27, 46, 10:13
Selfridge, Lieutenant Thomas 7:51
Sellers, William 6:23
Semenov, Nikolai 8:15
Semi Automatic Ground Environment system 9:8
semiconductors 9:14, 32, 36–7, 47, 51, 10:*26*
Semiramis 1:35
Semon, Waldo 8:19
Senefelder, Alois 5:14
Sennacherib 2:6, 51*
Senning, Åke 9:15
Sequeira, Lopez de 3:*39*
sequoia 6:15
Sergius Orata, Gaius 2:14
set squares 1:27
Setter, Karl 10:6
sewing machines 5:35, *35*, 6:10, *10*, 14
sewing needles 1:*10*, 11
sextants 3:*37*, 51; 4:34, 36, *36*, 37
Seyfert, Carl 8:35
shadufs 1:35, *35*, 49
Shanks, William 6:34
Shannon, Claude 8:42
Shapiro, Irwin 9:30
Sharman, Helen 10:22
Sharp, Abraham 4:26
Sharp, Philip 9:38
Sharpey Schafer, Edward 7:14
shavers, electric 8:15, *15*
Shaw, Louis 8:15
Shaw, Percy 8:23
Shay, Ephraim 6:38
Shechtman, Dany 10:12
sheep, domestication 1:10, 22, 23, 50
Sheffield plate 4:34
Shelford, Victor 8:30
Shelton, Ian 10:13
Shen Kua 3:6, 18
Shepard, Alan 9:20
Sherrington, Charles 7:19
Shiga, Kiyoshi 6:40; 7:18
Shih Tsung 2:41
ships 1:46, 48; 3:34, *34*; 4:50
Atlantic crossings 5:43
automatic pilot 7:34
diesel-engined 7:27
Liberty ships 8:31, *31*
nuclear-powered 9:14, 15, 27
propeller driven 6:10
wind assisted
commercial vessels 10:8
see also boats; warships
ship's log 3:37
Shockley, William 8:42, 9:8, 36, 46, 47, 51*
Shoemaker, Carolyn 10:24
Short, James 4:25
shorthand 3:42; 5:39, *39*
Showalter, Mark 10:19
shrapnel 3:12, 24
Shrapnel, Henry 5:19
Shreve, Henry 6:9
Shumway, Norman 9:25
sickle cell anaemia 10:24
sickles 1:*28*
Sidgwick, Nevil 8:14
Siebe, Augustus 5:27
Siebold, Karl 6:10
Siegbahn, Karl 8:11
Siegen, Ludwig von 4:7
Siemens, Werner von 6:42
Siemens, William 6:26
resources satellite 9:33
Röntgen (ROSAT) 10:19
solar X-rays 10:21
Saturn
moons 4:11, 15, 19, 48, 5:11, 49; 6:11, 49; 7:19, 9:24, 39; 10:6, 7, 19, 39, 43
rings 4:*10–11*, 11, 18, 24, 46, 48; 5:43; 6:14, 18, 49; 7:15; 10:6, 12
space probes 9:35, *35*, 41; 10:6, 7, 8, 19, 43
Sauerbronn, Karl Drais von 5:27
Saussure, Horace de 5:6
Saussure, Nicolas de 5:23
Sauvage, Nicolas 4:7
Savery, Thomas 4:22, 26, 44, *44*, 45, 49, 50*
Savitskaya, Svetlana 10:9, 14
sawmills, water powered 2:28
saws, flint 1:19, *19*
Sax, Adolphe 6:10
saxophone 6:10
scandium 6:32
Schawlow, Arthur 9:28
Scheele, Karl 4:42, 50, 50–1*; 5:6, 7, 32
Scheiner, Christopher 3:43, *43*; 4:24
Scherrer, Paul 7:38
Schiaparelli, Giovanni 6:26, 27, 36, 37, 38, 7:10, 50*
Schick, Bela 7:35
Schick, Jacob 8:15, *15*
Schickard, Wilhelm 3:43
Schiff, Moritz 6:42
Schilling, Pavel 6:25
Schimper, Andreas 6:39
schizophrenia 8:18, 27
Schmidt, Johann 6:36, 38; 9:44
Schmidt, Maarten 9:18
Schmidt, Paul 8:31
Schmidt, Wilhelm 7:18
Schneider, Joseph 6:26
Schoenheimer, Rudolf 8:26
Schöffer, Peter 3:27, 28, 48, 49
Schonbein, Christian 6:6, 10
Schöner, Johannes 3:31
Schrieffer, John 9:46
Schrödinger, Erwin 8:14, 47, 50*
Schultze, Max 6:22, 27
Schulze, Johann 4:30; 5:32
Schütz, Wilhelm 6:40
Schwabe, Heinrich 6:7
Schwann, Theodor 5:43
Schwartz, David 7:24
Schwarz, Berthold 3:25
Schwarzschild, Karl 7:42
Schwassmann, Arnold 8:14
Schwinger, Julian 8:43
Scot, Michael 3:12, 46, 51*
Scott, David 9:*32*
screw cutting machine 3:32
screw press 2:15; 3:28
screw pumps 2:14, 16, *16*; 3:50
screw threads 6:6, 23
Scribonius Largus 2:20
scuba 8:35
sculptures 1:26, 40
scurvy 4:35
Seaborg, Glenn 8:31, 39, 43; 9:6, *16*, 17, 50–1*
searchlights 7:39, *39*
Searson, Peter 10:34
seawater, heating 2:14
Secchi, Angelo 6:23
secretin 7:22
Sedgwick, Adam 5:38
Rose, William 8:26
Ross, James 5:38
Ross, Malcolm 9:20
Ross, Ronald 7:18
Rossi, Bruno 8:18, 19, 9:19; 10:50–1*
rotary disk cutter 3:12
rotary engines 8:18, *18*
Rotheim, Erik 8:14
roulette wheel 4:10, 50
Rous, Francis 7:31
Roux, Émile 7:10
Roux, Joseph 3:*19*
Rowland, F. Sherwood 9:30
Rowland, Henry 7:6
Royal Institution 5:15, *15*, 51
lectures 5:36, *36–7*, 48
Royal Society, London 3:46
rubber, synthetic 7:11; 8:22
Rubbia, Carlo 10:7, 51*
rubella vaccine 9:19
rubidium 6:22, 47
Rubin, Vera 9:38, 10:51*
Rubner, Max 6:43
Rudbeck, Olof 4:10
rudders 1:36, 46; 3:12
Rudolf, Christoff 3:36
Rudolphine Tables 4:6, 48
Rue, Warren de la 6:22
Rumely, Robert 10:7
Rumsey, James 5:7
Rush, Benjamin 5:7
Russell, Bertrand 7:*22*
Russell, Dale 10:38
Russell, Henry 7:32–3, 8:15
Russell, John 6:22
Rutan, Dick 10:15
ruthenium 5:35
Rutherford, Daniel 4:43
Rutherford, Ernest 7:14, *15*, 17, 27, 31, 43, 46, 50*; 8:7, 8
Ruzicka, Leopold 7:38
rye 1:10
Ryle, Martin 9:12, 22

S

Sabin, Albert 9:13, *13*
Sabine, Edward 6:15
saccharin 6:38
Sachs, Julius von 6:22, 23, 26
Sacrobosco, Johannes de 3:13, 40, 51*
Saha, Meghnad 8:6
sailing ships 3:34–5
sails 1:36, 46; 2:26, 3:21, 26, 34, 38
St. Peter's Basilica 3:42; 4:6
Sakel, Manfred 8:18
Salam, Abdus 9:25
salicin 7:36
salicylic acid (aspirin) 6:19; 7:36, *36*, 37
Salk, Jonas 9:6, 7, *7*
Salmonella bacteria 6:*41*
saltpeter 3:17
samarium 6:39
Sanctorius 3:43
Sandage, Allan 9:18
sandwich 4:39
Sanger, Frederick 9:12, 39, 50*
Sanger, Margaret 7:42
Santos Dumont, Alberto 7:24, *24*, 29
Sargon I 1:35, 51
Sasaki, Akio 10:9
satellites, artificial 9:9, 14, *14*, 15, 20; 10:35, 43
astrometry 10:18
communications
satellites 9:20, 21, 26, 48
in Earth orbit 9:27, 32, 40, 41; 10:19, 21, 26, 34, 35, 42, 43
Infrared Astronomical Satellite (IRAS) 10:9
40, 51*
rhenium 8:11
Rheticus 3:36, 40
Rhind, Alexander Henry 1:35
rhinoplasty 3:42, *42*, 5:26
rhodopsin 8:23
riboflavin 8:23, 26
ribonucleic acid (RNA) 6:39; 7:18, 31; 9:12, 18
ribose 7:41
ribosomes 9:12
Riccioli, Giovanni 4:10
rice cultivation 1:11, 16, 17; 2:18–19
Rich, Arthur 10:15
Richard I 3:14
Richard of Wallingford 3:20, 51*
Richards, Paul 10:25
Richardson, Owen 7:34
Richet, Charles 7:22
Richter, Burton 9:31
Richter, Charles 8:26, *26*
rickets 4:10; 8:7
Ricketts, Howard 7:30
Ride, Sally 10:9, 16
Ridley, Harold 9:8
Riemann, Bernhard 6:15
Rife, Royal Raymond 8:23
rifles 3:25; 6:26, 7:45; 8:23, 42
Righi, Augusto 6:39
Rilleux, Norbert 6:7
ring compounds 7:38
ring pull cans 9:20
Rinio, Benedetto 3:21
Ripley, Eleazer 7:44
Rittenhouse, David 4:43
Ritter, Johann 5:18
Ritty, James 6:39
RNA *see* ribonucleic acid
roads 2:15; 4:27, 39; 5:26
Roman 2:7, 15, 22–3
Robbins, Frederick 8:43
Robert of Chester 3:7, 10
Roberts, Edward 9:40
Roberts, Richard 5:27, 9:38
Robinson, Robert 8:10, 39
Robiquet, Pierre 5:19, 38
robots 9:20, 27; 10:14, 26
Rochas, Alphonse Beau de 6:44, 46
Roche, Edouard 6:11
rock drill, pneumatic 6:31
rockets 3:7, *7*, 17, 20; 8:16–17, 36–7, 48; 9:8, 9, 10:14, 27
electronic control 7:42
ion propulsion 10:35
launchers 8:16, *17*, 10:27
liquid fuel 8:14, *14*, *16*, 17, 34, 48
motors 8:*17*; 9:14
propulsion 7:23
solid-fuel 5:19; 8:16
V-2 8:17, 34, 35, 36, *36–7*, 38, 43; 9:8
rocking chair 4:*40*
rocks 5:6, 10, *11*, 38, 39
Roebling, John 6:6
Roebuck, John 4:35, 5:8
Roger of Salerno 3:*12*
Rogers, Alan 9:38
Rogers, Galbraith 7:34
Rogers, Howard 9:19
Roget, Peter 5:27
Rohrer, Heinrich 10:8, 46, 50*
Roland, Georges 9:13
Romanenko, Yuri 10:15
Romer, Ole 4:18, 28, 46
Ronalds, Francis 6:24
Röntgen, Wilhelm 7:14, *14*
Roosevelt, Franklin D. 8:30, *31*
Roosevelt, Theodore 7:40
Rorschach, Hermann 8:6, *6*

8:18, *18*, 50*
tombs 2:8–9, 21
Tomonaga, Sin Itiro 8:35
Tompion, Thomas 4:18, *18*
tools, stone 1:10, *10*, 12–13, *13*
topology 4:38; 7:15
top quark 10:25
torpedo, self propelled 6:26, *26–7*, 29
torpedo tube 6:29
torque 8:*28*, *29*
torr 4:11
Torres, Luis de 3:45
Torricelli, Evangelista 4:10, 16–17, 51*
torsion balance 5:6, *6*, 47
Toshi Tada Do 9:41
Tour, Charles Cagnard de la 5:43
Townes, Charles H 9:7, 28
toxicology 5:26
tracheostomy 4:31
tractors 5:16, 47
traffic lights 7:38
trains
  high-speed, France 10:8
  maglev 10:23, *23*
  see also railroads
Trajan 2:23
transfer RNA (tRNA) 9:12
transformers 7:6, *7*, 51
Trans Iron Galactic Element Recorder 10:38
transistor diode 7:47
transistors 8:42, *43*, *45*; 9:9, 14, 21, 46, 51; 10:9, 10, 26
  junction 9:8, 36, *37*, 51
  light emitting (LETs) 10:43
  point-contact 9:36, 46, 47, 51
transplants 9:12; 10:13, 19, 24
transposons 9:6, 49
transputers 10:15
traveling wave amplifier 8:39
traveling wave tube 9:48
Travers, Morris 7:18
treadmills 3:*13*
trebuchet 2:27
trench mortar 4:14
trepanning 1:30, *30*; 10:31
Tresaguet, Pierre 4:39
Trevithick, Richard 4:44–5, 45, 46, 49; 5:18, 24, *24*, *25*, 51*; 7:20
triangulation 3:36
Trichina parasite 5:39
trigonometry 2:34, 41, 47; 3:27, 50, 51
  tables 2:29; 3:36, 47, 51
trimethoprim 9:47
triodes 9:36
triphenylmethyl 7:19
triremes 1:36
Trithemius, Johannes 3:30
tritium 8:22; 10:46
trolleycars, electric 6:42; 7:7
Tropsch, Hans 8:11
Trotula of Salerno 3:6, 51*
trucks, diesel engined 8:10
tryparsamide 7:42
Ts'ai Lun 2:21, 30, 42
Tschermak Seysenegg, Erich von 6:21
Tseng Kung Liang 3:6, 24
Tsiolkovsky, Konstantin 7:23; 8:17
Tsu Ch'ung Chi 2:29
Tsvett, Mikhail 7:27
tuberculosis 6:26, 40, 42, 49; 7:18, 8:*21*, 30, 39
tugboats, steam 6:8
test-tube baby 9:25, *25*, 39
tetanus 7:10
tetraethyl lead 8:7
textile machinery 4:43; 5:12–13
Thaddeus of Florence 2:20
Thagard, Norman 10:27
Thales of Miletus 2:46, 51*
thallium 6:22, 47
Theiler, Max 8:18
Thenard, Louis 5:27
theodolite 3:37
Theodoric of Freibourg 3:17
Theodosius I 2:9
Theophrastus of Eresus 2:7, 51*
Theorell, Axel 8:*22*
thermionic emission 7:34
thermodynamics 5:31; 6:14, 27, 51, 7:27
thermometers 3:42; 4:11, 22, 26, 27, 31
thermonuclear reactions 10:*19*
Thermos flask 7:11, 47
thermostat, bimetallic strip 5:35
Thévenot, Jean de 4:14
Thevet, André 3:37
thiamine (vitamin B_1) 7:15, 34; 8:23, 27
Thiel, Ferdinand 10:6
Thimonnier, Barthélemy 5:35
thiophene 6:*42*, 43
Thiout, Antoine 4:30
tholos 2:*8*
Thom, René 9:30
Thomas, Edward 9:12
Thomas, Sidney 6:39
Thompson, Benjamin 5:15, 48, 50–1*, 51
Thompson, John 7:45, 8:6, *6*
Thomson, Elihu 7:43
Thomson, James 6:12
Thomson, J. J. 6:43, 47, 7:16–17, *16*, 18, *18*, 23, *23*, 50; 8:46
Thomson, Robert 6:10
Thomson, William, Lord Kelvin 6:*10*, 11, 15, 18, 47, 49, 51*
thoracic duct 4:10
thorium 5:35, 46; 7:46, 50
Thorpe, John 5:12
Thorvaldson, Erik 2:41, 44
threonine 8:26
threshing machine 5:11, 16
thulium 6:39
thylacine 8:23, 26
thyroid gland 6:*42*
thyroxine 7:38
ticker tape machines 6:31, 48
Tiemann, Ferdinand 6:35
Tikal 2:12–13, *12–13*
Tilden, William 7:11
tin 1:34, 38
Ting, Samuel 9:31
tires 6:10; 7:7, *21*; 9:9
Tiselius, Arne 8:19
tissue cultures 7:27, 31
tissues, disposable 8:11
Titanic (steamship) 7:34, 10:14
titanium 5:11
Titius, Johann 4:43
tobacco 3:30, 37, 44–5
  advertising 10:31
  smoking 3:44–5, 9:6
tobacco mosaic virus 6:41; 7:18; 8:26
tocopherol 8:7
Todd, Alexander 8:42
toilet, flushing 3:42; 5:6, 46
Tombaugh, Clyde 7:14, 5:32–3, *33*, 39
tallow 1:10
tally stick 1:11, 24
tanks (military vehicles) 7:38
Tartaglia, Niccolò 3:36
tartaric acid 4:42, 51
tartrate crystals 6:50
Tasmanian wolf 8:23, 26
Tatum, Edward 8:34
tau particle 9:38
Taussig, Helen 8:38
taxol 10:24
taxonomy 4:49
Taylor, Brook 4:26, 27
Taylor, Frederick 7:19
Taylor, Geoffrey 8:23
Taylor, Joseph 9:31
Taylor, Roy 10:18
Teal, Gordon 9:9
tea plants 2:29
Tebbutt, John 6:22
technetium 8:27, 9:51
teeth, false 1:41, 6:15
Teflon 8:30
Teisserenc de Bort, Léon 7:*23*
telegraph 4:38, 39; 5:11, 38, 50; 6:7, 46, 48
  electric 6:24–5
  electrolytic 5:*22*
  needle telegraph 5:38, 42, *42*, 50, 6:25
  printing 6:*24* 25
  submarine cables 5:47, 6:18, 46, 51
telegraph code 6:34
telegraph line 6:*22*
telephone exchange, automatic 7:10
telephone lines 7:11, 19
telephones 6:34, *34*, 46; 7:*26*
  cellular 9:41; 10:*8*, 9
telescopes 3:50; 4:7, 8, 9, 11, 15, 21, 24–5; 5:43, 49; 10:24
  100 inch 7:42
  aerial 4:24
  astronomical 4:24, 43
  Cambridge Optical Aperture Synthesis Telescope 10:25
  Cassegrain 4:*25*
  in Earth orbit 10:19, 21, 28
  Galilean 4:*25*
  Gregorian 4:47
  mirrors 6:18, 49
  Newtonian 4 *25*
  reflecting 4:14, 21, 24, *24*, 25, *25*, 30, 43, 47, 8:34, *34*; 9:30; 10:13, 25, 38
  refracting 3:43, 4:24, 25, *25*, 48; 7:6, 18
  Vatican Advanced Technology Telescope 10:24
  see also Hubble Space Telescope; lenses; observatories, radio telescopes
teletext 9:33
television 8:12–13, 31
  cameras 8:10, 11, 12–13, 14
  color 8:13
  flat-screen 9:41
  sets 10:14
Telford, Thomas 5:20
Teller, Edward 8:27
Temin, Howard 9:30
temperature scales 4:26, 31, 35; 6:11, 51
temples, Greek 2:8–9
Tennant, Charles 5:15
Teotihuacán 2:13, *13*
terbium 5:14; 6:7
Tereshkova, Valentina 9:20, 10:9
Terrile, Richard 10:6
Terylene 8:24, *25*, 34
Tesla, Nikola 7:51*
5:10, 36
sulfuric acid 3:17, 48, 4:35
Sulston, John 10:31, 40–1
Sumerians 1:50, 51*
Sumio Iijima 10:19
Sumner, James 8:14
Sun 2:39; 6:10; 8:23
  composition of 2:6
  distance to 2:46; 4:46, 8:34
  eclipse of 1:40, 47; 2:6, 24, 6:22, 27, 30
  magnetic field 7:30; 8:42
  radar contact with 9:13
  radiation measurement 6:42
  solar constant 6:35
  spectrum 5:18, 26, 7:6
  temperature 6:30
sundials 2:6, 46, 3:22, 36
sunspots 2:15, 20, 40, 3:43, 48, 4:8, 6:6, 7, 11, 15, 19, 7:14, 8:26, 35, 39
  magnetic fields 7:30, 43
superatoms 10:25
superconductivity 7:34, 8:23, 26; 9:46
superconductors 9:25, 10:22–3, 24, 46
  high temperature 10:13, 46, 49–50
superglue 9:8
superluminal sources 9:30
supernovas 2:21, *29*; 3:6, 7, 12, 37, 43, 47, 7:6, 9:7, 10:13
supersolids 10:39
surface to air missile 9:9
surface to surface missile 9:8
surgery 1:27, 47; 3:36
  heart 7:14, 39; 9:7, 8, 24, 46
  via "telepresence" 10:38
surveying instruments 4:30
Sus scrofa 4:19
Su Sung 3:6
Sutherland, Joe 9:26
sutures 6:49; 7:22; 10:18
Sveda, Michael 8:27
Svedberg, Theodor 8:11
Swammerdam, Jan 4:10, 14, 15
Swan, Joseph 6:38, *38*, 48, 8:24
sweat glands 5:38
Swedenborg, Emanuel 4:31
Swift, Lewis 6:23
Swinton, Ernest 7:38
swords, bronze 1:*38–9*
Sydenham, Thomas 4:14, 18
Sylvester, James 6:30
Sylvius, Franciscus 4:7
Symington, William 5:11, 19; 6:8
symmetry 7:*42*
synapse 7:19
synchrocyclotron 8:38
synchrotron 10:6, 51
Synge, Richard 8:38
syphilis 3:36, 48, 7:26, 31, 37, *37*, 42, 8:47
Syracuse 2:16–17, *17*, *27*
syringes 4:*26*
Szent Gyorgyi, Albert 8:*22*
Szilard, Leo 8:40

T

al-Tabari, Sahl 2:39
Tacke, Ida 8:11
Taejong 3:20, 28
Taft, William Howard 7:40
Tagliacozzi, Gaspare 3:*42*, *42*
Talbot, William Fox
stellar parallax 3:51
stem cells 10:31, 39
Stephenson, George 5:24, 26, 31, *31*, 34, 48, 50*
Stephenson, Robert 5:24, 31, 50; 6:14
Steptoe, Patrick 9:25
stereoscope 5:38, *38*
sterilization 1:41
steroids 7:34
stethoscope 5:27
Stevens, John 5:22, 6:9
Stevens, Nettie 7:26
Stevin, Simon (Stevinus) 3:11, 42, 43, 51*
Stibitz, George 8:27
Still, Andrew 6:34
Stirling, Robert 5:26
stirrups 2:28, *28*, 35
Stock, Alfred 7:31
stocking frame 4:38
Stokes, George 6:15
Stone, Edward 7:36
Stonehenge 1:26, *34*, 35, 40
Stoney, George 6:31, 35, 7:11, 17
Stopes, Marie 7:42, *42*
stoves 4:34, *40*; 8:*7*
Strasburger, Eduard 6:35, *35*, 7:14
Strassmann, Fritz 8:30, 40
Strauss, Joseph 8:27
street lighting 2:28
Streptococcus bacterium 6:39
streptomycin 8:*21*, 34, 38, 42
Stringfellow, John 6:10, *11*, 27; 7:29
stroboscope 5:38
Strohmeyer, Friedrich 5:27
Strömgren, Bengt 8:31
strontium 5:14
Stroustrup, Bjarne 10:15
Strowger, Almon 7:10, 26, *26*
Strutt, Jedediah 4:38
Strutt, John, Lord Rayleigh 6:38, 7:14, 16, 51*
Struve, Otto 8:30
Struve, Wilhelm 7:50
strychnine 5:27, 8:39, 9:51
Stuart, Herbert 6:44; 7:10
Stumpe, William 3:37
Sturgeon, William 5:31, 42
Sturm, Jacques 5:34
Sturtevant, Alfred 7:34, 10:40
subatomic particles 8:8–9; 9:48; 10:51
submachine guns 8:6
submarines 5:6, 48; 6:23, 28–9; 7:19; 8:18, 10:42
  human powered 3:42
  nuclear-powered 9:9, 20
  sonic detection 7:50
submarine telegraph cables, transatlantic 6:18, 46, 51
substances, classification 2:39, 51
subways
  London Underground 6:23, *23*
  New York 7:23
  Paris Métro 7:18; 10:35
al Sufi, 'Abd al Rahman 2:41, 51*
sugar, fermentation 7:15
sugar beet 4:35
sugarcane 1:11
sugars, test for 6:6
Suger, Abbé 3:7
sulfanilamide 8:22
sulfapyridine 8:30
sulfur 2:6, 38, 51, 4:48
sulfur dioxide 4:50, 20, 22
Stahl, Franklin 9:12
Stahl, Georg 4:22, 51*
Stanhope, Charles 5:18
Stanley, Wendell 8:26
Stanley, William 7:6
Stanley brothers 7:21
stannite 1:38
starch 6:23, 39
Starley, James 6:31
starlight, aberration of 4:30
Starling, Ernest 7:22
stars 6:27, 7:18, *32*, *33*, 10:7, 30, *30*, 31
  almanac 3:7
  apparent magnitude 7:32
  binary 4:10, 7:11; 8:7; 10:38
  catalogs 1:34, 2:20, 21, 48, 49, 3:21, 51, 4:26, 39, 47, 48, 5:49, 6:23, 7:7
  Chinese charts 2:28, *28*
  classification 6:23, 7:*22*, 30, 32; 8:38; 10:49
  constellations 1:34, 2:*39*
  creation of 5:23
  determining position 1:40
  distances 5:43; 7:34
  flare star 8:10; 10:49
  locations 10:18
  mass luminosity relationship 8:10
  motions of 4:27, 43, 10:49
  nearest to Sun 7:39
  neutron 8:23, *23*
  occlusion 3:31
  positions of 3:27
  receding 6:27
  spectra 6:31, 7:32
  stellar associations 8:42
  variable 3:42, 48; 4:19, 5:10; 7:42, *42*, 48
  white dwarfs 7:*32*, *33*, 38; 10:49
  see also galaxies; pulsars, Sun, Universe
Stas, Jean Servais 6:26
Staudinger, Hermann 8:7
steamboats 5:19, 22
  paddleboats 5:7, 11, 22, *22*, 48
steam digester 4:18, 49–50
steam dredger 5:19
steam engines 4:22, 42, 44–5; 5:7, 8–9, *8–9*, 51
  efficiency measurement 6:19
  traction engines 5:17
steam locomotives 5:18, 23, *23*, 24, *24*, *31*, 34, *34*, 35, 50, 51, 6:7; 8:30
  air brakes 6:27, 51
  articulated 6:23
  geared 6:38
  superheaters 7:18
  vacuum brakes 6:51
steam powered road vehicles 5:10
steamships 6:8–9, 19, 46–7
steam turbine 2:20, 49; 4:6, 7:15, 18
stearic acid 5:31
steel 1:38–9, 2:28; 6:39
  arc welder 7:43
  crucible process 4:34
  galvanizing 4:34
  "high-speed" 7:19
  open hearth process 6:26
  Wootz steel 2:*19*
Steenstrup, Johann 6:7
steering mechanisms, road vehicles 5:27
Stefan, Josef 6:39
Stein, William 9:6
Steinman, David 7:42
stelae 2:9, *12*, 24

Tull, Jethro 4:23, *23*, 31, 5:16
Tully, R. Brent 10:13
Tulp, Nicolaas 4:7, *7*
tungsten 4:51; 7:*16*
Tunguska event 7:31, *31*
tunneling shield 5:26
tunnels 1:46; 2:6, 48; 6:7
  Channel Tunnel 10:20, 26, *26–7*
  Chesapeake Bay 9:21
  Mont Blanc (road) 9:26
  railroad 10:14
  road 10:42
  St. Gotthard 9:40; 10:8
  Simplon 7:26
  under Euphrates River 1:35
Tupolev, Andrei 9:26
turbines
  multistage steam 6:43
  reaction turbine 6:11, *11*, 12, *12*
  water 5:34; 6:12–13, 31
Turck, Fred 10:13
Turing, Alan 8:27, 35, 45, 50–1*; 9:8
al Tusi, Nasir al Din 3:16
al Tusi, Sharaf al Din 3:7
Tutankhamen 1:38, *39*
Tuttle, Horace 6:23
Twiss, William 5:20
Twort, Frederick 7:38
Tyndall, John 6:23, 30, *30*; 10:36
typesetting machine 5:30
typewriters 4:27; 7:11, 9:15, 20
typhoid fever 4:11; 5:43, 6:39, 40, 43, 7:15, 8:47
typhus 5:43, 7:30; 8:19
tyrothricin 8:30

U

Ulloa, Antonio de 4:34
ultracentrifuge 8:11
ultrasound 7:39; 9:13
ultraviolet radiation 8:11
Ulugh Beg 3:21, 51*
umbrellas 1:34; 2:28
uncertainty principle 8:14, *15*
undulator 10:6
unified field theory 7:47; 8:18
uniformitarianism, theory of 5:10
United States (steamship) 9:9
universal joint 4:18, 48
Universe 4:8–9, *9*; 7:49
  big bang theory 8:14, 42, 48, 48–9, 9:19; 10:6, 47
  Earth centered 2:7, 51
  infinite 3:41, 42, 47
  inflationary 10:6, 47
  light paradox 5:34, 50
  steady-state theory 8:42
  Sun centered 3:36, 40–1, 47
  see also galaxies, planets; stars
upsilon particle 9:39
uranium 5:11, 35, 7:46, 50; 8:40; 10:39
  isotopes 8:26, 31, 40
uranium fission 8:30, 34, 40, *41*
Uranus 5:30, 49, 8:42
  moons 5:11, 49, 6:14, 49; 10:12, *12–13*, 30, 31
  rings of 9:38, *38*
  space probes 9:35; 10:12, 15
Urbain, Georges 7:27
Ure, Andrew 5:35
urea 5:35
urease 8:14
Urey, Harold 8:22, 51*
uric acid 4:51; 5:6
Usherwood, William 6:18

V

vaccination 5:14, *14*
  smallpox 4:23, 30
vaccines 6:41, 51, 7:6, 6, 15, 18, 26, 35; 8:18, 19; 10:6
  measles 9:13
  polio 9:6, 7, *7*, 13, *13*
  rubella 9:19
  synthetic 10:7
vacuum 2:10; 4:16–17
  sound in 4:11
  Torricellian 4:10, 51
vacuum (air) pump 4:11, 16, 16–17, *17*, 23, 46
vacuum bottle 7:11, 47
vacuum cleaners 7:22, *22*
vacuum evaporator 6:*7*
vacuum pump 7:16
vacuum tubes (valves) 6:47, 48; 10:10
  diode 7:13, 23, 46, 47
  pentode 7:46
  tetrode 7:46
  triode 7:26, 46, *47*
Vail, Alfred 5:50; 6:25
valence 6:14, 19
valves
  controlling fluid flow 10:42
  see also vacuum tubes
van Allen, William 8:19
van Allen, James 9:15
van Beneden, Edouard 6:35
van de Graaff, Robert 8:19
van der Hulst, Hendrik 8:38
van der Waals, Johannes 6:35
van der Waerden, Bartel 8:18
van Drebbel, Cornelius 3:42
van Helmont, Jan 3:43
van House, James 10:15
vanillin 6:35
vanishing point 4:27, *27*
van Leeuwenhoek, Antonie 4:15, 18, 22, 49*; 6:40
van Marum, Martinus 5:36
Van Tassel, James 9:41
van't Hoff, Jacobus 6:35
vapor densities 6:31
Varian brothers 8:30, 33
Varmus, Harold 9:38
Varoli, Constanzo 3:37
Vaucanson, Jacques de 4:43
Vauquelin, Nicolas 5:14, 15, 19, 23
vectors, three-dimensional 6:42
veins 2:7; 3:43
Veksler, Vladimir 8:38
vellum 2:42
Venn, John 6:43, *43*
Venter, J. Craig 10:40–1
Venus 1:47; 2:24; 8:22, *22*
  space probes 9:20, 26, 27, 32, 33, *34*, 35, 40, 41, *41*, 10:9, 20, *20–1*, 26, 43
  transit of 4:6, 39, 42
Vermuyden, Cornelius 4:10
Verne, Jules 5:48
Vernier, Pierre 4:6
Verrochio, Andrea del 3:32
Vesalius, Andreas 3:17, 36, *36*
Vespasian 2:26
video cassettes 9:41
video games 9:33
videotape recorder 9:14
Viète, François 3:10
viewdata service 9:41
Vigneaud, Vincent du 8:35; 9:7
Vikings 2:41, 44–5
Villard, Paul 7:19
Villemin, Jean 6:26
Vinci, Leonardo da 3:30, *30*, 32–3; 7:28, 8:28
Vinogradov, Ivan 8:27
Violle, Jules 6:35
Virchow, Rudolph 6:10, 18, *18*
viruses 6:41, *41*; 7:18, 10:50
  cancer-causing 7:31
  combining 8:39
  culturing 8:19
  Ebola 9:38; 10:24
  Sabia 10:24
  SARS 10:38, *38*
  synthetic 10:38
  see also computer viruses
viscosity 10:18
vitamins 7:15, 27, 34, 35, 38, 8:7, 19, 22, 23, 26, 27, 30, 35, 43, 9:12, 30, 48, 51
vitreous enamel 1:41
Vitruvius Pollio, Marcus 2:20, 36, 51*, 3:32
Viviani, Vincenzo 4:16, *27*, 51
Vogel, Hermann 7:11
Voigt, Woldemar 7:19
Voit, Karl von 7:11
Volta, Alessandro 5:7, 18, *18*, 48; 6:24; 7:8, 9, *9*
volumes, calculation of 2:20
vortex wheel 6:12
vote recorder 6:48
Vries, Hugo de 6:21; 7:7
Vuillemin, Paul 8:*21*
vulcanization 5:43; 6:7
Vulpian, Edme 6:19

W

Waage, Peter 6:23
Wachmann, Arno 8:14
Wade, Leigh 8:11
Wagner, Rudolf 6:15
Wagner Jauregg, Julius 7:42
Waksman, Selman 7:39, 8:*21*, 34, 38
Walcher, Prior 3:6
Wald, George 8:23
Walden, Paul 7:15
Waldeyer Hartz, Wilhelm von 7:7
Walker, John 5:34
Wallace, Alfred Russel 5:45
Waller, Fred 9:9
Wallis, Barnes 8:19
Wallis, John 4:11, 14
wall quadrant 2:41
Wallwork, John 10:13
Walsh, Donald 9:20
Walshaert, Égide 6:7
Walton, David 10:12
Walton, Ernest 8:8, *8*, 22, 40, *40*
Wang, An 9:9
Wang Chen 3:17, 28
Wang Ch'ung 2:20; 3:18
Wang Tao 2:35
Wan Hu 3:31
Wankel, Felix 6:45, 8:18, *18*; 9:14
Warburg, Otto 8:10
Warren, David 9:14
Warren, Henry 7:39
warships 6:19, *22*, 7:27, *27*; 9:32
Washkansky, Louis 9:46
Wassermann, August von 7:26
watches 3:22–3; 4:*18*; 7:26
  automatic winding 4:43
  copper zinc alloy 4:30
  hairspring 4:11, 18, 48
  lever escapement 4:38
  repeating 3:23; 4:18
  self winding 8:11
water 4:39, 49; 5:10, 46–7
  filtration 7:11
water clocks 1:40, *40*, 48, 2:29, 35, 40, 47, 3:6, 22
  astronomical 2:*30*
watermills 2:20; 4:51
  floating 2:34
water pipes 1:27
water power 2:*36–7*
waterproof fabric 5:31
waterwheels 1:21, 2:36, 4:38, 50
  breastshot 2:36
  horizontal 2:20, 36
  norias 2:*36–7*, 37
  overshot 2:28, 36, 37, *37*; 6:*12*
  pitchback 2:36
  undershot 2:15, 36, 37, *37*, 51, 3:*17*
Watson, James 9:6, 10–11, *10*; 10:19, 40, 51*
Watson, John 7:38, 43; 8:11
Watson, Thomas 6:46
Watson Watt, Robert 7:43; 8:26, 32
Watt, James 4:42, 44, 45, 49, 51; 5:7, 8–9, 20, 48, 51; 6:8
wave particle duality 8:10, 46, 50
weather satellites 9:20
weaving 1:19, *19*; 3:37
Weber, Wilhelm 5:38, 6:25
Wedgwood, Thomas 5:32
Weiditz, Hans 3:36
weights 1:27, 44–5, 51; 2:40; 3:20, 30
Weimer, Paul 9:21
Weinberg, Steven 9:25
Weinberg, Wilhelm 7:30
Weismann, August 7:*7*
Weiss, E. 6:31
Weiss, Pierre 7:27
Weizmann, Chaim 7:34
Weizsäcker, Carl von 8:38
Welch, William 7:11
welding, iron 1:40
Weller, Thomas 9:19
Wells, Horace 6:7
Wenham, Francis 6:31
Wenner-Gren, Axel 9:8
Werner, Abraham 5:6
Wessel, Caspar 5:15
Wesson, Daniel 5:41; 6:15
Western Union Telegraph Company 6:25
Westinghouse, George 6:27, 48, 51*; 7:51
Weston, Edward 7:9, 30
Westphal, Carl 6:34
wheat
  durum wheat 1:11, 17
  einkorn wheat 1:10, *16*, 16–17
  emmer wheat 1:10, *16*, 17, 18
  hexaploid 1:*16*
  wild 1:*16*
Wheatstone, Charles 5:38, 42, 50; 6:25
wheelbarrows 1:20; 2:21, *30*
wheeled toys 1:*21*, *21*, 35
Wheeler, Artemus 5:41
Wheeler, John 8:40
wheels 1:20–1, 26, 47, 51
  potter's 1:20, *20*, 26, 50, 51
  spoked 1:35, 47, 51
Whinfield, John 8:24, 34
Whipple, Fred 8:43, *43*
Whipple, George 8:10, 11
whiskey distillery 3:17
Whistler, Daniel 4:10
White, Gilbert 5:11, *11*
White, Rollin 5:41
White, Tim 10:24
white blood cells 6:27
Whitehead, Robert 6:26, 29
Whitney, Eli 5:14, *14*, 47, 51*
Whittle, Frank 8:18, 34, 51*
Whitworth, Joseph 6:6
Widmanstätten, Alois 5:23
Wieland, Heinrich 7:34
Wiener, Norbert 8:42
Wildt, Rupert 8:26
Wiles, Andrew 10:24
Wilkes, Maurice 8:43
Wilkins, Maurice 9:6, 10, 11
Wilkins, Robert 9:6
Wilkinson, David 5:18
Wilkinson, John 4:43, 5:6, 11
Willadsen, Steen 10:12, 32
Willard, Huntington 10:30
Willcocks, William 7:23
William of Moerbeke 3:17
William of Ockham 3:47
Williams, Daniel 7:14
Williams, Frederick 8:39
Williams, Robert 8:23, 27
Williams, Roger 8:23
Willis, Thomas 4:11, 14
Willstätter, Richard 7:26
Wilmut, Ian 10:30, 32, 33, *33*
Wilsdorf, Hans 7:26
Wilson, C. T. R. 7:34, 8:8
Wilson, Edmund 7:26
Wilson, Robert 8:48, 9:19, *19*, 25
Wilson, Woodrow 8:6
winch 3:*13*
Windaus, Adolf 8:19, 22
windmills 2:34, 3:7, 8–9, 20; 4:51
  bonnet mills 3:*26–7*, 27
  post mills 3:9
wind tunnel 6:31; 7:51
wine 1:18, 26, 34, 51
  medicinal 2:46
Winkel, Dietrich 5:26
Winkler, Clemens 6:32, 7:6
Winogradsky, Sergey 7:10
Winstanley, Henry 4:*22*, 23
Winthrop, John 4:42
wire rope-making machine 6:6
Wirsung, Johann 4:7
Wirth, Niklaus 4:50; 9:32
Withering, William 5:10
Witt, Gustav 7:19
Wöhler, Friedrich 5:35
Wolf, Charles 6:27
Wolf, Max 6:43, 7:11, *27*, 8:7, *7*
Wolf, Rudolf 6:7
Wollaston, William 5:18, 23, 26
Wood, Jethro 5:16, *27*
Wood, Robert 7:18
woodblock printing 2:35, *35*, 43, *43*
Woodward, John 4:23
Woodward, Robert 8:38, 9:13, 18, 25, 30, 51*; 10:48
wool carding 4:34
Worde, Wynkyn de 3:31
word processing 9:41
World Health Organization (WHO) 8:43
World's Columbian Exhibition 6:17
World Trade Center 9:32; 10:42
World Wide Web 10:11, 21, 44–5
wounds, treatment of 3:17
Wozniak, Stephen 9:40
Wright, Almroth 7:15, 8:47
Wright brothers 5:47, 7:23, 28, 29, *29*, 49, 51*
writing 1:24–5
  Chinese 1:24
  cuneiform 1:24, 26, 46, 51
writing materials 2:30, 42
Wu, Maw-Kuen 10:22
Wundt, Wilhelm 6:34
Wurtz Fittig reaction 6:30
Wu Tse 2:34
Wyatt, John 4:34

X

X-chromatin 9:18
xenon 7:18, 51, 9:18, 10:43
Xenophanes 2:6
xerography 8:27, *27*, 46
Xiao Wen 2:29
X ray crystallography 7:34, 38
X rays 7:14, *14*, 18, 19, 22, 35, 50; 8:11, 14
  extraterrestrial 9:19, 10:19, 51
X ray tubes 7:35, *35*
xylocaine 8:35

Y

yaks, domestication 1:27
Yale, Linus 6:26
Yalow, Rosalyn 9:6
Yamasaki, Minoru 9:32
yams, cultivation 1:26
Yang Liwei 10:42
Yanofsky, Charles 9:24
Yeager, Charles "Chuck" 8:42, *42*
Yeager, Jeana 10:15
year, length of 2:41, 46, 49
yeast 5:43, *43*
yellow fever 7:19; 8:18
Yersin, Alexandre 7:10
Yi-Xing 2:35; 3:22
Yoichiro Nambu 9:24
Yoshiro Nakamatsu 9:8
Young, Charles 6:30
Young, Thomas 4:29, 48; 5:18
ytterbium 5:14
yttrium 5:14
Yu Hsi 2:29

Z

Zadeh, Lotfi 9:26
Zamecnik, Paul 9:12
al Zarqali (Arzachel) 3:6, 7, 51*
zebu, domestication 1:50
Zédé, Gustave 6:28
Zeeff, Jon 10:27
Zeeman, Pieter 7:15; 8:50
Zeidler, Othmar 6:34
Zelandino, Guglielmo 3:20
Zener, Clarence 9:14
Zeno of Elea 2:6, 6, 51*
Zeppelin, Graf Ferdinand von 7:19, 24–5, *25*
Zermelo, Ernst 7:30
Zernicke, Frits 8:22
zero 2:24, 32, 35, 40, 47; 3:12
Zhang Heng 2:*20*, 21
Zheng Yin 2:40
Zhou Kung 3:17
Zhu Di 3:38
Ziegler, Karl 9:*7*, 13
ziggurats 1:32, 35, 51
zinc production 4:34
Zinjanthropus boisei 9:49
Zinn, Walter 9:6
Zinsser, Hans 8:19
zirconium 5:11
Zoll, Paul 9:18; 10:51*
Zu Chong Zhi 2:29
Zuse, Konrad 8:30, 34
Zwicky, Fritz 8:22, 23, *23*
Zworykin, Vladimir 8:10, 12, 13, *13*, 51*; 9:14
zymase 7:23

FURTHER READING قراءات إضافية

Scientists, Adam & Charles Black, 1974.

Williams, T. I., *A History of Invention*, Time Warner Books, 2003.

خاصة بهذا المجلد
Specific to this Volume

Brockman, J. (ed.), *The Greatest Inventions of the Past 2,000 Years*, Weidenfeld & Nicolson, 2000.

Emsley, J., *Nature's Building Blocks*, Oxford University Press, 2001.

Gribbin, J., *In Search of the Double Helix*, Penguin, 1995.

Lagerkvist, U., *DNA Pioneers and Their Legacy*, Yale University Press, 1998.

Matthews, R., *The Illustrated History of the 20th Century*, Grenville Books Ltd, 1992.

Messadié, G., *Great Modern Inventions*, Chambers, 1991.

Who's Who in the Twentieth Century, Oxford University Press, 1999.

Woodman, R., *The History of the Ship*, Conway Maritime Press, 1997.

مراجع للمصطلحات
Terminology Reference

Clark, J. O. E., and S. Stiegler (eds.), *The Facts on File Dictionary of Earth Science*, Checkmark Books, 2000.

Daintith, J. (ed.), *A Dictionary of Chemistry*, Oxford University Press, 2000.

Daintith J., and J. Clark (eds.), *The Facts on File Dictionary of Mathematics*, Facts on File, 1999.

Darton, M., and J. Clark, *The Macmillan Dictionary of Measurement*, Macmillan, 1994.

Illingworth, V. (ed.), *Collins Dictionary of Astronomy*, HarperCollins, 1994.

Waites, G., *The Cassell Dictionary of Biology*, Cassell, 1999.

The Inventions that Changed the World, Reader's Digest, 1982.

McLeish, J., *Number*, Bloomsbury, 1991.

Margotta, R., *The History of Medicine*, Octopus, 1996.

Meadows, J., *The Great Scientists*, Oxford University Press, 1997.

Messadié, G., *Great Inventions through History*, Chambers, 1991.

Messadié, G., *Great Scientific Discoveries*, Chambers, 1991.

Millar, D., et al., *The Cambridge Dictionary of Scientists*, Cambridge University Press, 1996.

Muir, H (ed), *Larousse Dictionary of Scientists*, Larousse, 1994.

Parry, M. (ed.), *Chambers Biographical Dictionary*, Chambers, 1997.

Philip's Astronomy Encyclopedia, George Philip Limited, 2002.

Philip's Science & Technology Encyclopedia, George Philip Limited, 1998.

Philip's Science & Technology People, Dates & Events, George Philip Limited, 1999.

Porter, R., *The Greatest Benefit to Mankind*, HarperCollins, 1997.

Silver, B. L., *The Ascent of Science*, Oxford University Press, 1998.

Tallack, P (ed.), *The Science Book*, Cassell, 2001.

Trefil, J., *Cassell's Laws of Nature*, Cassell, 2002.

Waller, J., *Fabulous Science*, Oxford University Press, 2002.

Webster's Biographical Dictionary, G. & C. Merriam, 1971.

What Happened When?, HarperCollins, 1994.

Whitfield, P., *Landmarks in Western Science*, The British Library, 1999.

Williams, T. I. (ed.), *A Biographical Dictionary of*

عامـة
General

Allaby, M., and D. Gjersten, *Makers of Science*, Oxford University Press, 2002.

Asimov, A., *Asimov's Biographical Encyclopedia of Science and Technology*, Avon Books, 1972.

Boorstin, D. J., *The Discoverers*, Random House, 1983.

Boyles, D., *The Tyranny of Numbers*, HarperCollins, 2000.

Bunch, B., and A. Hellemans, *The Timetables of Science*, Simon and Schuster, 1988.

Bunch, B., and A. Hellemans, *The Timetables of Technology*, Simon and Schuster, 1993.

Carey, J. (ed.), *The Faber Book of Science*, Faber and Faber, 1995.

Crystal, D. (ed.), *The Cambridge Biographical Dictionary*, Cambridge University Press, 2000.

Daintith, J. (ed.), *A Dictionary of Scientists*, Oxford University Press, 1999.

Day, L., and I. McNeil (eds.), *Biographical Dictionary of the History of Technology*, Routledge, 1998.

Diamond, J., *Guns, Germs and Steel*, Vintage, 1998.

The Dictionary of National Biography, Oxford University Press, 1982.

Dyson, J., and R. Uhlig (ed.), *A History of Great Inventions*, Robinson, 2002.

le Fanu, J., *The Rise and Fall of Modern Medicine*, Little, Brown and Company, 1999.

Giscard d'Estaing, V-A., *The Book of Inventions and Discoveries*, Macdonald Queen Anne Press, 1990.

Gribbin, J., *Science, A History*, BCA, 2002.

Harrison, I., *The Book of Inventions*, Cassell, 2004.

Hoskin, M. (ed.), *The Cambridge Concise History of Astronomy*, Cambridge University Press, 1999.

The Hutchinson Dictionary of Scientific Biography, Helicon, 2000.

USEFUL WEB SITES مواقع مفيدة على الويب (الشبكة العنكبوتية)

http://www.atomicmuseum.com/
Web site of the National Atomic Museum (soon to be renamed the National Museum of Nuclear Science and History), Albuquerque, New Mexico.

http://www.howstuffworks.com
A comprehensive Web site that gives detailed explanations of how everything around us actually works.

http://www.mhs.ox.ac.uk/
Web site of Oxford University's Museum of the History of Science.

/http://www.nasa.gov

Official Web site of the National Aeronautics and Space Administration (NASA) with links to learning resources and information for students, and full details of all missions.

http://www.nasm.si.edu/
Web site of the Smithsonian National Air and Space Museum, Washington, D.C.

http://www.nscdiscovery.org/
Web site of the National Science Center, Augusta, Georgia.

http://nobelprize.org/
Official Web site of the internatonal Nobel Prize awards given annually since 1901 for achievements in physics, chemistry, medicine, literature, and for peace. Click on "list of all prizewinners" and then on individual links to read about award winning achievements.

http://www.psigate.ac.uk/
Physical Sciences Information Gateway provides access to Web resources in the physical sciences, including astronomy, chemistry, earth sciences, materials sciences, physics, and general science.

http://whyfiles.org/
University of Wisconsin Web site that explains the science behind the news.

عزيزي القارئ للحصول على نسخة من أي كتاب من قائمة الكتب

يرجى مراسلة المؤسسة على العنوان التالي:

مؤسسة الكويت للتقدم العلمي - برنامج نشر المعرفة العلمية والتكنولوجية

ص.ب 25263 - الصفاة

13113 الكويت

ت: 22278100

فاكس: 22278151

E-mail: author@kfas.org.kw

www.kfas.org

مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

KFAS
مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences

المؤسسة في سطور

- أنشئت مؤسسة الكويت للتقدم العلمي (مؤسسة خاصة ذات نفع عام) بموجب مرسوم أميري صدر في 21 ذي الحجة 1396 هـ الموافق 12 ديسمبر 1976م.
- يدير المؤسسة مجلس إدارة يرأسه حضرة صاحب السمو أمير البلاد (حفظه الله) ويضم ستة أعضاء آخرين.
- تعتبر المؤسسة من بين هيئات النفع العام وتتلقى الدعم من الشركات المساهمة الكويتية من صافي الأرباح السنوية لهذه الشركات.
- الهدف العام للمؤسسة هو المعاونة في سبيل التطور العلمي والحضاري.



أهداف المؤسسة

- دعم الأبحاث الأساسية والتطبيقية من خلال منح تقدمها في مجالات العلوم الطبيعية والهندسية والصحية والغذائية والاجتماعية والاقتصادية وغيرها.
- تقديم المنح لتشجيع ودعم الأبحاث المتعلقة بالمشاريع وأعمال التطوير والتجارب ذات الصلة بالاقتصاد الكويتي.
- تقديم المنح والجوائز والمكافآت لدعم التطور الفكري في الكويت والأقطار العربية الأخرى.
- العمل على تدريب المواطنين الكويتيين من خلال منحهم بعثات وزمالات بغرض الدراسة والتدريب وكذلك إقامة الندوات والمؤتمرات العلمية.
- تشجيع ودعم وتنمية مشاريع البحوث والبرامج العلمية المشتركة بين الهيئات العلمية الكويتية من جهة والعربية والدولية من جهة أخرى.

مؤسسة الكويت للتقدم العلمي
Kuwait Foundation for the Advancement of Sciences



مؤسسة الكويت للتقدم العلمي

ص.ب 25263 الصفاة 13113 الكويت

E-mail:author@kfas.org.kw

www.kfas.org